



TESIS - RC142501

**PERCEPATAN PROSES DEKOMPOSISI TANAH
GAMPUT BERSERAT DENGAN MENGGUNAKAN
BAKTERI DEKOMPOSER AEROB ENDOGEN
TANAH GAMPUT**

AYU PRATIVI
NRP. 3116201001

DOSEN PEMBIMBING :
Prof.Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
Dr. Enny Zulaika, M.P.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN GEOTEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TESIS - RC142501

**PERCEPATAN PROSES DEKOMPOSISI TANAH
GAMPUT BERSERAT DENGAN MENGGUNAKAN
BAKTERI DEKOMPOSER AEROB ENDOGEN
TANAH GAMPUT**

AYU PRATIVI
NRP. 3116201001

DOSEN PEMBIMBING :
Prof.Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
Dr. Enny Zulaika, M.P.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN GEOTEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

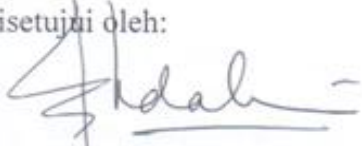
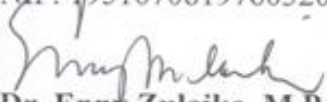
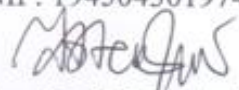
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Ayu Prativi
NRP. 3116201001

Tanggal Ujian : 22 Januari 2018
Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh:

- 
1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing I)
NIP. 195107081976032001
 2. Dr. Enny Zulaika, M.P. (Pembimbing II)
NIP. 196001091988032001

 3. Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D (Penguji)
NIP. 194504301974121001

 4. Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T (Penguji)
NIP. 197701222005012002



Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dekan


IDAA Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19750212 199903 2001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERCEPATAN PROSES DEKOMPOSISI TANAH GAMBUT BERSERAT DENGAN MENGGUNAKAN BAKTERI DEKOMPOSER AEROB ENDOGEN TANAH GAMBUT

Nama Mahasiswa : Ayu Prativi
NRP : 3116201001
Pembimbing : Prof.Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc.,Ph.D
Dr. Enny Zulaika, M.P.

ABSTRAK

Tanah gambut merupakan tanah dengan kandungan organik lebih besar dari 75%. Tanah ini terbentuk dari akumulasi tumbuhan yang terdekomposisi dengan laju dekomposisi yang lambat sehingga terus mengalami pemampatan dan penurunan kekuatan geser. Oleh sebab itu, proses dekomposisi sebaiknya dipercepat agar pemampatan dan penurunan kekuatan geser tanah tidak terjadi setelah konstruksi dioperasikan. Pada penelitian ini, dilakukan percepatan proses dekomposisi tanah gambut dengan menggunakan bahan dekomposer yang berupa campuran bakteri dekomposer aerob endogen dan kapur Ca(OH)_2 . Untuk itu, perlu ditentukan persentase bahan dekomposer paling optimum untuk dicampurkan ke dalam tanah gambut berserat agar dihasilkan percepatan proses dekomposisi yang paling maksimum. Kemudian ditinjau pengaruh penambahan bahan dekomposer tersebut terhadap sifat fisik, teknis, kimia, dan mikroskopis tanah gambut berserat selama masa pemeraman. Untuk mencapai tujuan tersebut, di dalam penelitian ini dilakukan dua tahap rangkaian pengujian menggunakan tanah gambut yang berasal dari Desa Bereng Bengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah.

Pada tahap satu dilakukan pengujian sifat awal tanah berupa: berat volume, *specific gravity*, kadar air, pH, kandungan serat dan distribusi serat. Selain itu, dilakukan pula pengidentifikasian, pemilihan dan pengembangbiakan bakteri dekomposer aerob endogen. Bakteri tersebut dihitung secara berkala dengan alat spektrofotometer hingga kepadatan bakteri mencapai sekitar 10^8 sel/ml saat proses pengembangbiakan. Setelah kepadatan bakteri tercapai, dilakukan pencampuran bahan dekomposer yang terdiri dari larutan bakteri dekomposer aerob dan kapur Ca(OH)_2 ke dalam sampel tanah gambut. Variasi jumlah penambahan larutan konsorsium bakteri dekomposer aerob endogen adalah 0%, 10%, 20%, dan 30% terhadap berat basah tanah gambut. Sedangkan variasi jumlah penambahan kapur Ca(OH)_2 adalah 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat basah tanah gambut. Setiap variasi campuran bahan dekomposer diperam selama 0, 14, 28, 42, dan 56 hari untuk diuji viabilitas bakteri, nilai pH, kandungan serat, dan distribusi serat. Dari hasil analisis tahap satu akan

ditentukan persentase bahan dekomposer paling optimum dengan laju dekomposisi serat tanah gambut paling maksimum. Setelah itu, dilakukan pembuatan sampel dengan menggunakan bahan dekomposer paling optimum untuk digunakan dalam pengujian tahap dua. Pada tahap dua dilakukan pengujian fisik, teknis, kimia, dan mikroskopis sampel pada masa peram 0, 14, 28, dan 42 hari.

Berdasarkan hasil pengujian sifat awal tanah gambut diketahui bahwa berat volume tanah adalah 1.036 gr/cm^3 ; *specific gravity* adalah 1.311; kadar air adalah 614%; nilai pH adalah 3.2; dan kandungan serat adalah 32%. Dari analisis hasil pengujian Tahap 1, ditentukan bahan dekomposer paling optimum yang dapat menghasilkan laju dekomposisi paling maksimum adalah larutan bakteri sebanyak 10% dari berat basah gambut. Laju dekomposisi maksimum bahan dekomposer ini terjadi pada masa peram 14 hari. Pada masa peram tersebut nilai pH sampel turun dari kondisi awal pencampuran yaitu dari 5.4 menjadi 3.8; kandungan serat turun dari 33% menjadi 24%; dan laju dekomposisi 0% serat/hari menjadi 0.67% serat/hari. Pada tahap dua, hasil pengujian sampel setelah diperam selama 14 hari adalah pH sebesar 6.2, kandungan serat 17%, dan laju dekomposisi 0.19% serat/hari. Selain itu, faktor pemampatan sekunder (metode Gibson dan Lo) meningkat dari $5.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kN}$ menjadi $7.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kN}$; ukuran makropori pada permukaan sampel menurun berdasarkan hasil SEM; dan pengujian FTIR menunjukkan adanya kandungan lignin yang tinggi dalam sampel tanah gambut.

Kata Kunci: dekomposisi, bakteri dekomposer aerob endogen, tanah gambut berserat, percepatan dekomposisi.

DECOMPOSITION ACCELERATION OF FIBROUS PEAT SOIL USING ENDOGENOUS AEROBIC DECOMPOSER BACTERIA FROM PEAT SOIL

By : Ayu Prativi

Student Identity Number: 3116201001

Supervisor : Prof.Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc.,Ph.D

Dr. Enny Zulaika, M.P.

ABSTRACT

Peat soil is organic soil with organic content more than 75%. This soil is formed by accumulation of decomposed organic matter from plants with slow rate of decomposition then it would be get compression and shear strength decreasing continuously. Therefore, decomposition process should be accelerated so that compression and decrease shear strength would not happen after the construction operated. On this research, peat soil decomposition accelerated by adding decomposer materials that is endogenous aerobic decomposer bacteria consortium and hydrated lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Therefore, the optimum percentage of decomposer material which could decomposed peat fibers maximally would be determined. Then, the effect of the optimum decomposer material to the physics, mechanics, chemicals, and microscopic behaviour during curing period would be observed. To achieve that goals, there is two stages of test were conducted using peat soil obtained from Bereng Bengkel village, Palangkaraya, Centre of Kalimantan.

In Stage one, initial soil parameters were tested such as: unit weight, specific gravity, water content, pH, fibers content, and fiber distribution. In addition, identification, selection, and breeding of endogenous aerobic decomposer bacteria consortium were held. The bacteria were counted periodically using spectrophotometer until reach the bacterial density about 10^8 cells/ml on breeding process. After the bacteria density is achieved, decomposer material which is aerobic decomposer bacteria solution and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ was mixed with peat soil sample. The adding concentration of endogenous aerobic decomposer bacteria solution was different, such as 0%, 10%, 20%, and 30% from wet weight of peat soil. While the adding concentration of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0%, 5%, 10%, and 15% from wet weight of peat soil. Each variation mixture was subjected to viability of aerobic bacteria test, pH value test, fiber content test, fiber distribution test during 0, 14, 28, 42, and 56 days curing period. The most optimum mixture of decomposer material which could decompose fibers maximally would be determined from stage one. Thereafter, new sample using optimum mixture were made for Stage two. On this stage, the mixture were

subjected to physics, mechanics, chemicals, and microscopes behavior at 0, 14, 28, 42 curing periods.

Based on initial soil parameters, the soil unit weight was 1.036 gr/cm^3 ; specific gravity was 1.311; water content was 614%, pH value was 3.2, fiber content was 32%; coarse fiber was 12%; medium fiber was 38%; and fine fiber was 50%. From the analysis of Stage 1, the optimum percentage of mixture which gave the maximum rate of decomposition on Stage one was 10% bacteria solution from wet soil weight. This mixture shows maximum peak rate of decomposition on 14 days curing periods. On these curing period, pH value decreasing from 5.4 become 3.8; fiber content decreasing from 33% become 24%; and rate of decomposition increasing from 0 %fibers/day become 0.67 %fibers/day. On the Stage 2, on 14 days curing period the sample has pH value 6.2, fiber content 17%, and rate of decomposition 0.19 %fibers/day. Futhermore, the secondary compression factor (Gibson and Lo method) increase from $5.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kN}$ menjadi $7.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kN}$; macropores size on the sample surface decreasing based on SEM test; and FTIR test shows that the sample has high consentrasi of lignin.

Key Word: decomposition, endogenous aerobic bacteria, fibrous peat soil, acceleration of decomposition.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan kesempatan yang telah dilimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah Tesis yang berjudul “**Percepatan Proses Dekomposisi Tanah Gambut Berserat dengan Menggunakan Bakteri Dekomposer Aerob Endogen Tanah Gambut**”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu atas terselesaikannya naskah Tesis ini, yaitu:

1. Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D dan Dr. Enny Zulaika, M.P. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan serta bimbingannya dalam proses penyusunan naskah Tesis ini.
2. Dosen-Dosen bidang Geoteknik yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan mengenai geoteknik sehingga menunjang penyusunan proposal Tesis ini.
3. Teman-teman yang telah membantu dalam penelitian ini sehingga dapat selesai tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa naskah Tesis yang dibuat masih sangat jauh dari kesempurnaan. Sehingga penulis mengharapkan petunjuk, saran, dan kritik agar dapat melakukan perbaikan terhadap isi naskah Tesis serta dapat menambah pengetahuan bagi penulis.

Surabaya, 20 Desember 2017

(Penulis)

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan	6
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Proses Pembentukan Tanah Gambut di Indonesia.....	9
2.2. Klasifikasi Tanah Gambut	10
2.3. Karakteristik Tanah Gambut.....	13
2.4. Stabilisasi Tanah Gambut dengan Bahan Kimia	15
2.5. Perilaku Pemampatan Tanah Gambut	21
2.6. Pengaruh Derajat Dekomposisi Terhadap Sifat Fisik Tanah Gambut.....	25
2.7. Pengaruh Derajat Dekomposisi Terhadap Sifat Teknis Tanah Gambut.....	27
2.8. Peran Mikroorganisme dalam Proses Percepatan Dekomposisi.....	28
2.9. Peran Kapur dalam Proses Dekomposisi	34
2.10. Total Plate Count Sebagai Metode Untuk Menguji Viabilitas Bakteri	35
2.11. Fourier Transform Infra Red (FTIR)	37
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1. Kegiatan Penelitian	39
3.2. Cara Memperoleh Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	41

3.3. Prosedur Pembuatan dan Pengujian Sampel	43
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1. Sifat Awal Tanah Gambut Berserat yang Distudi.....	49
4.2. Viabilitas Bakteri Selama Masa Peram.....	51
4.3. Pengaruh Masa Peram Terhadap pH Sampel.....	54
4.4. Pengaruh Penambahan Kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Terhadap Kandungan Serat	56
4.5. Pengaruh Penambahan Larutan Bakteri Terhadap Kandungan Serat	60
4.6. Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Sampel Tanah Gambut.....	63
4.7. Pengaruh Masa Peram Terhadap Laju Dekomposisi Sampel Tanah Gambut.....	67
4.8. Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Halus.....	71
4.9. Analisis Campuran Bahan Dekomposer Optimum Untuk Mempercepat Proses Dekomposisi	74
4.10. Pengaruh Masa Peram Terhadap Sifat Fisik Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum	74
4.11. Pengaruh Masa Peram Terhadap Sifat Teknis Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum	80
4.12. Pengaruh Masa Peram Terhadap Ikatan Molekul Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum	83
4.13. Pengaruh Masa Peram Terhadap Sifat Mikroskopis Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum.....	85
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1. Kesimpulan	87
5.2. Saran.....	88
DAFTAR ACUAN	90
LAMPIRAN	94

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Klasifikasi Tanah Gambut Menurut ASTM D 4427-92.....	12
Tabel 2. 2	Prosedur Penentuan Skala Von Post	12
Tabel 2. 3	Sifat Fisik Tanah Gambut	15
Tabel 2. 4	Sifat Teknis Tanah Gambut.....	15
Tabel 2. 5	Hubungan Ketebalan dan Derajat Dekomposisi Lapisan Tanah Gambut di Beberapa Lokasi di Indonesia	30
Tabel 2. 6	Hasil Pengamatan Pengomposan dengan Konsorsium Azotobacter	31
Tabel 2. 7	Kondisi pH Kompos pada Variasi Activator.....	31
Tabel 2. 8	Kondisi Temperature Kompos pada Variasi Activator	32
Tabel 2. 9	Variasi Campuran Tanah Gambut dan Mikroorganisme	33
Tabel 2. 10	Hasil Uji Tanah Gambut Initial dan Tanah Gambut yang Dicampur Mikroorganisme	33
Tabel 2. 11	Persyaratan Kimia Kapur Tipe I.....	35
Tabel 2. 12	Spektrum Mid-infrared Ikatan Penyusun Tumbuhan (Stuart, 2004)	38
Tabel 3. 1	Standar Pengujian Sifat Fisik yang Digunakan.....	43
Tabel 3. 2	Penomoran dan Variasi Sampel	44
Tabel 4. 1	Sifat Awal Tanah Gambut Berserat	50
Tabel 4. 2	Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Tanah Gambut Inisial	50
Tabel 4. 3	Viabilitas Bakteri Selama Masa Peram	51
Tabel 4. 4	Pengaruh Masa Peram Terhadap Nilai pH pada Sample	55
Tabel 4. 5	Pengaruh Penambahan Kapur Ca(OH) ₂ Terhadap Kandungan Serat	57
Tabel 4. 6	Pengaruh Penambahan Larutan Bakteri Terhadap Kandungan Serat	61
Tabel 4. 7	Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Sampel Tanah Gambut	64
Tabel 4. 8	Pengaruh Masa Peram Terhadap Laju Dekomposisi Sampel	68
Tabel 4. 9	Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Halus.....	72
Tabel 4. 10	Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik tanah gambut sebelum dan setelah dilakukan percepatan dekomposisi	75

Tabel 4. 11	Rekapitulasi hasil pengujian sifat teknis tanah gambut sebelum dan setelah dilakukan percepatan dekomposisi	81
-------------	---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Lokasi pengambilan contoh tanah gambut di Kalimantan Tengah.....	5
Gambar 2. 1	Proses pembentukan gambut topogen.....	10
Gambar 2. 2	Proses pembentukan gambut ombrogen	11
Gambar 2. 3	Kondisi lahan gambut yang mengalami penurunan muka tanah ...	14
Gambar 2. 4	Berat volume tanah gambut terstabilisasi dalam fungsi waktu.....	17
Gambar 2. 5	Perubahan kadar air tanah gambut terstabilisasi dalam fungsi waktu.....	18
Gambar 2. 6	Angka pori tanah gambut terstabilisasi dalam fungsi waktu.	18
Gambar 2. 7	Grafik pemampatan uji konsolidasi beban tetap pada tanah gambut berserat terstabilisasi dengan 10% kapur CaCO_3 + abu sekam padi.	19
Gambar 2. 8	Grafik pemampatan uji konsolidasi beban tetap pada tanah gambut berserat terstabilisasi dengan 10% kapur CaCO_3 + abu terbang.....	19
Gambar 2. 9	Pengaruh masa peram tanah gambut berserat terstabilisasi terhadap parameter faktor pemampatan sekunder.	20
Gambar 2. 10	Pengaruh masa peram tanah gambut berserat terstabilisasi terhadap parameter λ/b	20
Gambar 2. 11	Perilaku kapasitas daya dukung tanah gambut yang distabilisasi dengan admixture-1 dan admixture-2.	21
Gambar 2. 12	Ilustrasi pemampatan tanah gambut hasil uji oedometer	22
Gambar 2. 13	Ilustrasi pemampatan tanah lempung hasil uji oedometer	23
Gambar 2. 14	Kurva hubungan angka pori dan $\log \sigma'$: (a) tanah gambut; dan (b) tanah lempung	23
Gambar 2. 15	Model rheologi Gibson dan Lo (1961)	24
Gambar 2. 16	Penentuan parameter “a” dan “b” Gibson dan Lo (1961).....	25
Gambar 2. 17	Ilustrasi perlakuan pada sampel tanah gambut A dan B	26
Gambar 2. 18	Perilaku fisik terhadap kedalaman sampel A dan B	26

Gambar 2. 19	Hubungan tegangan efektif terhadap angka pori pada gambut berserat Irlandia dan gambut amorphous Canada.	27
Gambar 2. 20	Hubungan indeks pemampatan (C_c) terhadap tegangan konsolidasi pada gambut <i>fibric</i> , <i>hemic</i> , dan <i>sapric</i>	28
Gambar 2. 23	Teknik pengenceran sampel	36
Gambar 3. 2	Diagram alir kegiatan penelitian tahap 2.....	41
Gambar 3. 3	Contoh persiapan sampel uji tahap 1	43
Gambar 3. 4	Contoh persiapan sampel uji tahap 2.....	46
Gambar 4. 1	Pengaruh masa peram terhadap kandungan serat tanah gambut inisial	50
Gambar 4. 2	Pengaruh masa peram terhadap laju dekomposisi sampel dengan penambahan variasi bakteri dan kapur 0%	52
Gambar 4. 3	Hasil uji TPC sampel dengan mikroba yang tumbuh menyebar dan menutupi mikroba lainnya	53
Gambar 4. 4	Hasil perhitungan TPC pada sampel yang memiliki jumlah populasi: (a) kurang dari 30 koloni dan (b) lebih dari 300 koloni.....	54
Gambar 4. 5	Pengaruh masa peram terhadap nilai pH sampel tanpa penambahan kapur.....	56
Gambar 4. 6	Pengaruh penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap kadungan serat pada variasi masa peram.....	59
Gambar 4. 7	Pengaruh peningkatan penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap kekeringan sampel dengan larutan bakteri 10%	60
Gambar 4. 8	Pengaruh penambahan larutan bakteri terhadap kadungan serat pada variasi masa peram.....	62
Gambar 4. 9	Contoh genangan larutan bakteri (berwarna kuning transparan) pada sampel dengan penambahan larutan bakteri 30%	63
Gambar 4. 10	Pengaruh masa peram terhadap kandungan serat sampel dengan variasi bakteri dan kapur.....	66
Gambar 4. 11	Pengaruh masa peram terhadap laju dekomposisi pada tanah gambut dengan penambahan bakteri dan kapur	70

Gambar 4. 12 Pengaruh masa peram terhadap kandungan serat halus sampel dengan variasi bakteri dan kapur	73
Gambar 4. 13 Pengaruh masa peram terhadap viabilitas bakteri.....	75
Gambar 4. 15 Kondisi sampel: (a) inisial; (b) setelah pencampuran larutan bakteri; (c) masa peram 28 hari; (d) masa peram 42 hari	78
Gambar 4. 16 Pengaruh penambahan 10% bakteri terhadap: (a) viabilitas bakteri; (b) nilai pH; (c) kandungan serat; dan (d) laju dekomposisi sampel selama masa peram.....	79
Gambar 4. 17 Pengaruh penambahan 10% bakteri terhadap: (a) koefisien pemampatan primer; (b) koefisien pemampatan sekunder; (c) faktor kecepatan pemampatan sekunder selama masa peram.....	82
Gambar 4. 18 Pengaruh penambahan 10% bakteri terhadap perubahan ikatan molekul hasil uji FTIR	84
Gambar 4. 19 Hasil uji SEM perbesaran 500x tanah gambut: (a) inisial; (b) masa peram 14 hari; (c) masa peram 28 hari; (d) masa peram 42 hari	86

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Lahan gambut di Indonesia pada tiga pulau utama, yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua memiliki luas total 14.905.574 hektar (Litbang Sumber Daya Pertanian, 2011). Pemanfaatan lahan gambut tersebut umumnya digunakan untuk pertanian dan perkebunan. Namun, seiring adanya peningkatan kebutuhan hunian dan sarana transportasi, maka penggunaan lahan gambut untuk dijadikan hunian dan sarana transportasi menjadi suatu pilihan yang tidak dapat dihindari. Berdasarkan data tentang lahan gambut pada tahun 2011 di Balitbang Pertanian (2014), penggunaan lahan gambut untuk pemukiman di Sumatera, Kalimantan dan Papua secara berurutan yaitu seluas 40.199 ha, 20.966 ha, dan 64.752 ha. Dalam bidang transportasi, konstruksi jalan yang telah dibangun di atas lahan gambut antara lain yaitu Jalan Bebas Hambatan Trans Kalimantan dan Jalan Raya Lintas Barat di Sumatera. Namun, beberapa sumber wacana melaporkan bahwa jalan tersebut seringkali mengalami kerusakan terutama pada ruas jalan yang dibangun di atas tanah gambut.

Tanah gambut merupakan tanah organik dengan kandungan organik lebih besar dari 75% (ASTM, 1996). Tanah ini terbentuk dari akumulasi bahan organik terdekomposisi yang berasal dari tumbuhan sehingga fase solidnya tersusun dari serat-serat tumbuhan. Di dalam serat-serat tumbuhan tersebut terdapat makropori dan mikropori yang mengandung air dan gas. Oleh karena itu, tanah gambut memiliki kemampuan menyimpan air dalam jumlah besar, daya dukung rendah dan tingkat kompresibilitas tinggi. Perbedaan jenis material dasar pada fase solid tanah gambut dengan tanah lempung menyebabkan kedua jenis tanah ini memiliki karakteristik sifat fisik, kimia, biologi, maupun teknis yang sangat berbeda. Dalam bidang geoteknik, sifat fisik dan teknis tanah gambut tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai penopang pondasi suatu konstruksi sehingga diperlukan adanya upaya perbaikan tanah apabila suatu konstruksi akan dibangun di atasnya.

Menurut Yulianto dan Harwadi (2009) metode perbaikan tanah gambut (terutama tanah gambut berserat) secara garis besar dibedakan menjadi 2 (dua) metode yaitu: metode mekanis dan metode stabilisasi. Metode mekanis meliputi *replacement soil* (pengantian tanah dengan kualitas yang lebih baik), *corduroy* (gelar kayu), *preloading+surchage* dengan atau tanpa kombinasi dengan lapisan *geosynthetics*, cerucuk kayu (*micro pile*), kolom pasir serta penggunaan tiang pancang. Sedangkan metode stabilisasi merupakan metode penambahan zat kimia pada tanah gambut untuk meningkatkan sifat fisik dan teknisnya.

Metode stabilisasi tanah gambut dengan menggunakan zat kimia telah banyak diteliti, antara lain: stabilisasi menggunakan variasi ordinary portland cement (OPC), ground granulated blast furnace slag (GGBS), dan sodium bentonite (SB) oleh Sing, dkk (2008); stabilisasi menggunakan variasi carbid lime oleh Said dan Taib (2009); stabilisasi menggunakan variasi fly ash dan gypsum oleh Kolay dan Pui (2010); stabilisasi menggunakan variasi class F of pond ash oleh Kolay, dkk (2011); stabilisasi menggunakan variasi hydrated lime oleh Nikookar, dkk (2015); stabilisasi menggunakan variasi CaCO_3 dan pozolan oleh Mochtar, dkk (2014); stabilisasi menggunakan variasi pasir, potongan karet ban, gypsum, lime, dan semen oleh Saberian dan Rahgozar (2016). Tanah gambut yang distabilisasi menggunakan campuran zat kimia tersebut cenderung menunjukkan peningkatan kekuatan pada uji Unconfined Compression Test (UCS). Namun, sampel gambut yang digunakan dalam penelitian Sing, dkk (2008); Said dan Taib (2009); Kolay dan Pui (2010); Kolay, dkk (2011); dan Nikookar, dkk (2015) telah dikeringkan dengan cara dioven ataupun didiamkan di bawah matahari dan dilakukan pengayakan untuk mendapat ukuran butiran tertentu. Proses ini menyebabkan ukuran dan kadar serat sampel tanah gambut sudah tidak menunjukkan kondisi seperti yang ada di lapangan. Huttunen dan Kujala (1996) dalam Sing, dkk (2009) menyampaikan bahwa kekuatan yang dicapai oleh seluruh sampel tanah gambut yang telah distabilisasi akan menurun apabila dekomposisi terus terjadi. Pernyataan ini sesuai dengan hasil penelitian Mochtar, dkk (2014); Yulianto, F.E dan Mochtar, N.E (2016); dan Mochtar, N.E dan Estu, Yulianto, F.E (2017) tentang pengaruh usia stabilisasi pada tanah gambut berserat yang distabilisasi dengan campuran CaCO_3 dan pozolan (berupa abu sekam padi dan

abu terbang). Di dalam penelitian tersebut tanah gambut berserat terstabilisasi yang telah mengalami perbaikan sifat pada usia peram 20-45 hari justru mengalami penurunan mutu pada usia peram 45-60 hari. Penurunan mutu ini disebabkan kadar air di dalam sampel menurun ketika terjadi reaksi kimia berupa penyerapan air untuk proses pembentukan *jelly* CaSiO_3 menjadi kristal CaSiO_3 . Reaksi yang menyebabkan menurunnya kadar air di dalam sampel ini meningkatkan potensi terjadinya dekomposisi tanah gambut yang ditunjukkan dengan penurunan mutu sifat fisik, meningkatnya nilai faktor pemampatan sekunder, dan menurunnya daya dukung tanah gambut.

Perilaku sifat fisik dan teknis tanah gambut sangat dipengaruhi oleh derajat dekomposisinya. Dari sudut pandang pemampatan tanah gambut, apabila derajat dekomposisi semakin tinggi, maka jumlah kandungan serat di dalam tanah gambut akan semakin sedikit. Dengan begitu proses terjadinya pemampatan akan semakin cepat dan penurunan tanah yang terjadi semakin kecil ketika tanah gambut menerima beban. Hal ini dibuktikan oleh data hasil pengujian konsolidasi yang dilakukan oleh Hoobs (1986) dan Youventharan, dkk (2007) yang menggunakan tanah gambut dengan kandungan serat yang derajat dekomposisinya berbeda. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi derajat dekomposisi tanah gambut, maka semakin kecil pemampatan yang terjadi ketika tanah gambut menerima beban. Untuk keperluan di bidang konstruksi, kondisi tanah gambut dengan derajat dekomposisi yang tinggi lebih diperlukan supaya tanah tidak mengalami pemampatan yang besar setelah konstruksi beroperasi.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat proses dekomposisi sehingga diperoleh derajat dekomposisi tanah gambut yang lebih tinggi adalah dengan menambahkan mikroorganisme dekomposer yang dapat mengurai serat tanah gambut. Cara percepatan proses dekomposisi seperti ini telah banyak dilakukan dengan berbagai tujuan dan memberikan hasil yang cukup memuaskan. Beberapa peneliti yang telah melakukan penambahan mikroorganisme dekomposer untuk mempercepat proses dekomposisi yaitu Kumalasari dan Zulaika (2016), Yanqoritha (2013), dan Muslikah (2011). Di dalam bidang teknik sipil, Muslikah (2011) telah melakukan studi tentang

degradasi tanah gambut oleh bakteri untuk proses konsolidasi tanah. Penelitian tersebut menyajikan kombinasi bakteri yang menghasilkan tingkat degradasi terbaik adalah campuran 10% bakteri asli +10% pupuk hayati EM-4+ 10% P2000z dimana kadar serat dari kondisi initial 32.6% mengalami penurunan menjadi 19.51%. Namun, penelitian Muslikah (2011) masih menunjukkan ketidaksesuaian hubungan antara kandungan serat dengan hasil pengujian konsolidasinya. Pengujian konsolidasi dengan dalam penelitian tersebut justru menunjukkan bahwa indeks pemampatan (C_c) terkecil sebesar 3.23 dihasilkan oleh campuran 15% pupuk hayati EM-4 + 15% P2000z.

Ketidaksesuaian hubungan antara kandungan serat dengan hasil pengujian konsolidasi dalam penelitian Muslikah (2011) menunjukkan bahwa masih diperlukannya pengamatan yang lebih mendalam mengenai percepatan proses dekomposisi tanah gambut menggunakan mikroorganisme dan pengaruhnya terhadap parameter-parameter tanah. Untuk itu, di dalam penelitian ini akan digunakan mikroorganisme lokal yang berasal dari tanah gambut (endogen) untuk mempercepat proses dekomposisi. Mikroorganisme dekomposer endogen dipilih untuk digunakan karena kemampuannya dalam beradaptasi pada tanah gambut yang memiliki pH asam. Selain itu, mikroorganisme endogen akan tetap hidup meskipun serat pada tanah gambut pada daerah yang diberi penambahan bakteri telah habis, yaitu dengan cara menyebar pada tanah gambut lain untuk memperoleh makanannya.

Supaya proses dekomposisi dapat memberikan hasil yang optimum, maka perlu ditinjau lebih lanjut pula faktor-faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dekomposer. Berdasarkan ketersediaan oksigen dalam tanah gambut, proses dekomposisi akan berlangsung lebih cepat apabila tanah gambut mengandung banyak oksigen (aerob). Hoobs (1986) menyatakan bahwa pada lingkungan yang tidak tersedia oksigen, maka proses dekomposisi menjadi anaerob dengan aktivitas mikrobiologi yang lambat. Lapisan tanah gambut tergenang air yang dekat dengan atmosfer dimana masih dimungkinkan terjadinya difusi oksigen dari atmosfer dapat digolongkan sebagai lapisan aerob. Sedangkan semakin bertambahnya kedalaman lapisan tanah, maka ketersediaan oksigen akan semakin berkurang dan kondisinya menjadi bersifat anaerob.

Selain berdasarkan ketersediaan oksigen di dalam tanah gambut, faktor lain yang dapat mempercepat dekomposisi tanah gambut berserat menurut Pichan and O'Kelly (2012) adalah lingkungan dengan pH netral hingga sedikit basa (7.0 – 7.5). Pernyataan yang serupa diberikan dalam Balittanah (2006) bahwa bakteri lebih menyukai pH netral, sedangkan fungi aktif pada pH asam. Dengan berlandaskan pernyataan tersebut, maka di dalam penelitian ini dilakukan penambahan bahan kimia yang dapat meningkatkan pH tanah gambut berupa kapur Ca(OH)_2 .

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mencari bahan decomposer yang dapat menghasilkan percepatan proses dekomposisi tanah gambut. Dalam penelitian ini, bahan decomposer yang digunakan berupa konsorsium bakteri decomposer aerob endogen yang dicampur dengan bahan kimia untuk meningkatkan pH tanah gambut berupa kapur Ca(OH)_2 . Untuk tujuan tersebut, tanah gambut yang diteliti diambil dari desa Bereng Bengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah (Gambar 1.1).



Gambar 1. 1 Lokasi pengambilan contoh tanah gambut di Kalimantan Tengah (<http://sentrapeta.com/wp-content/uploads/2016/10/peta-atlas-provinsi-kalimantan-tengah-sentrapeta.jpg>)

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, permasalahan utama yang harus diselesaikan dalam penelitian ini adalah berapa prosentase bahan dekomposer yang berupa campuran konsorsium bakteri aerob dan kapur Ca(OH)_2 paling optimum yang dapat menghasilkan percepatan dekomposisi tanah gambut berserat paling maksimum; dan bagaimana pengaruhnya terhadap sifat fisik, teknis, kimia, dan mikroskopis sampel. Adapun rincian permasalahan adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana sifat fisik dan teknis tanah gambut initial?
- 2) Bagaimana cara untuk memperoleh konsorsium bakteri dekomposer *aerob*?
- 3) Bagaimana pengaruh kapur Ca(OH)_2 dalam bahan dekomposer terhadap laju dekomposisi?
- 4) Berapa persentase bahan dekomposer optimum yang dapat menghasilkan percepatan dekomposisi paling maksimum.
- 5) Bagaimana perubahan yang terjadi terhadap sifat fisik dan teknis tanah gambut yang telah dicampur dengan bahan dekomposer optimum?
- 6) Bagaimana perubahan yang terjadi terhadap sifat kimia dan mikroskopis tanah gambut yang telah dicampur dengan bahan dekomposer optimum?

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh persentase paling optimum bahan dekomposer berupa campuran bakteri dekomposer aerob dan kapur yang dapat menghasilkan percepatan proses dekomposisi tanah gambut berserat paling maksimum.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan di dalam penelitian ini tidak meluas, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Tanah gambut yang digunakan berasal dari desa Bereng Bengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah.
- 2) Sampel tanah gambut yang diteliti adalah tanah gambut berserat *disturbed* dalam kondisi basah (kadar air awal dijaga tetap konstan seperti di lapangan).

- 3) Bakteri *aerob* yang digunakan merupakan bakteri lokal dari tanah gambut yang diteliti (endogen).
- 4) Penambahan kapur bertujuan untuk menetralkan pH tanah gambut.
- 5) Pengamatan proses percepatan dekomposisi dilakukan selama 8 minggu.

1.5. Manfaat

Dengan adanya percepatan proses dekomposisi, maka tanah gambut berserat di lapangan tidak akan lagi mengalami proses dekomposisi yang signifikan sehingga pemampatan tanah gambut yang terjadi kecil dan penurunan daya dukungnya tidak signifikan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Pembentukan Tanah Gambut di Indonesia

Tanah gambut di daerah tropis seperti Indonesia terbentuk karena laju penumpukkan bahan organik yang berasal dari tumbuhan lebih besar daripada laju dekomposisinya. Tumpukan bahan organik tersebut terendam air sehingga berada dalam kondisi kekurangan oksigen (anaerob). Kondisi inilah yang menghambat terjadinya proses dekomposisi. Bukti-bukti yang mengindikasikan lambatnya proses dekomposisi bahan organik pada lahan gambut adalah masih dapat ditemukannya bahan organik dalam bentuk seperti aslinya seperti batang, cabang, dan akar-akar besar (Murdiyarso, dkk. 2004 *dalam* Balitbangtan 2014).

Menurut Bellamy (1974) *dalam* Andriesse (1988) *dalam* Balitbangtan (2014) terdapat lima tahap pembentukan gambut tropika sebagai berikut:

- Tahap 1. Pengisian rawa (cekungan) oleh sedimen dari luar yang terbawa oleh aliran air (banjir). Laju pembentukan gambut pada tahap ini sangat lambat. Melalui aliran air ditambahkan bahan-bahan sedimen dari luar.
- Tahap 2. Pengisian rawa dimulai pada saluran-saluran utama yang semula terbentuk kemudian tertutup. Pada tahap ini terjadi perubahan muka air tanah menjadi lebih dalam, sehingga sebagian massa gambut menjadi kering atau lembab.
- Tahap 3. Pertumbuhan lanjut gambut lebih cepat secara horisontal dan vertikal. Pasokan air menjadi tergantung pada hujan yang jatuh langsung pada permukaan atau rembesan dari sekitarnya.
- Tahap 4. Pertumbuhan lanjut gambut lebih cepat mulai menebal yang terdiri atas sisa tumbuhan, berupa sisa ranting, batang dan akar tumbuhan hutan alami. Kondisi gambut tidak lagi dipengaruhi oleh perpindahan air, tetapi muka air tanah menaik apabila terjadi hujan lebih banyak.
- Tahap 5. Permukaan gambut naik dan terbentuk kubah gambut (*peat dome*). Muka air tanah tidak lagi dipengaruhi oleh musim. Permukaan gambut dapat naik turun dipengaruhi oleh air tanah.

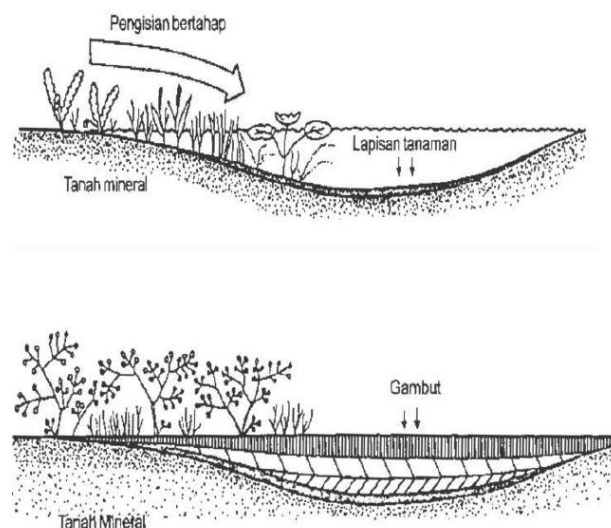
2.2. Klasifikasi Tanah Gambut

Terdapat beberapa cara mengklasifikasikan tanah gambut. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan sejarah pembentukannya

a. Gambut topogen

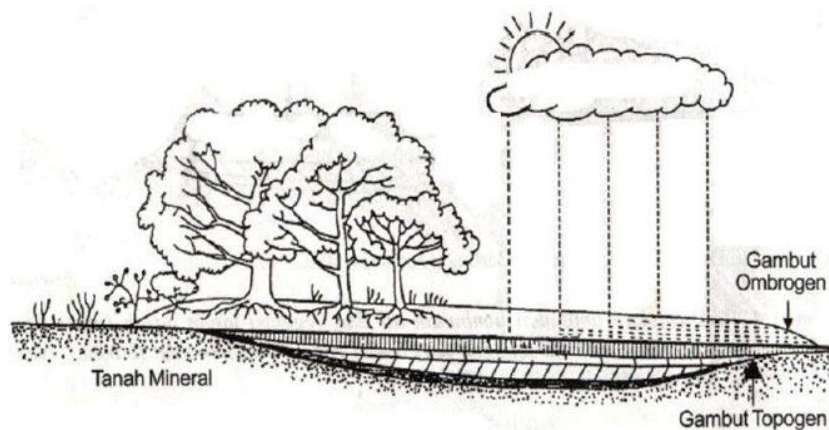
Gambut topogen terbentuk di perairan yang dangkal yang secara perlahan ditumbuhi oleh tumbuh-tumbuhan lahan basah. Kemudian tumbuh-tumbuhan tersebut mati dan melapuk secara bertahap membentuk lapisan transisi antara lapisan tanah gambut di bagian atas dan lapisan mineral di bagian bawah.



Gambar 2. 1 Proses pembentukan gambut topogen
(Van De Meene, 1982 dalam Balitbangtan, 2014)

b. Gambut ombrogen

Gambut ombrogen terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang dapat tumbuh di atas gambut topogen. Tumbuh-tumbuhan tersebut kemudian mati dan melapuk membentuk lapisan gambut baru yang terakumulasi terus-menerus hingga akhirnya membentuk kubah (dome) gambut yang permukaannya cembung.



Gambar 2. 2 Proses pembentukan gambut ombrogen
(Van De Meene, 1982 dalam Balitbangtan, 2014)

2. Berdasarkan lingkungan fisik rawa tanah gambut tropis (Andriess, 1988 dalam Balitbangtan, 2014):
 - a. gambut delta,
 - b. gambut dataran,
 - c. gambut lagun dekat pantai,
 - d. gambut lebak (*small inland valey*),
 - e. gambut yang terisolasi antara dua bukit, dan
 - f. gambut pantai (salin).
3. Berdasarkan kandungan seratnya (Mac Farlane & Radforth, 1965):
 - a. *Fibrous peat* (tanah gambut berserat), yaitu tanah gambut yang memiliki kandungan serat 20% atau lebih. Tanah gambut jenis ini memiliki dua jenis pori, yaitu makropori (pori yang berada di antara serat-serat) dan mikropori (pori yang berada di dalam serat).
 - b. *Amorphous granular soil*, yaitu apabila kandungan serat yang dimiliki tanah gambut tersebut kurang dari 20%. Pada tanah jenis ini umumnya terdiri dari butiran berukuran koloid (2μ) dan sebagian besar air porinya terserap di sekeliling permukaan butiran tersebut.
4. Berdasarkan ASTM D 4427-92:
Tanah gambut diklasifikasikan berdasarkan kandungan serat, kandungan abu (Ac), tingkat keasaman (pH), dan tingkat daya penyerapan air seperti yang disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Tanah Gambut Menurut ASTM D 4427-92

A. Berdasarkan Kandungan Serat	
Jenis	Kandungan serat
<i>fibric</i>	> 67% (skala Von Post H1-H3)
<i>hemic</i>	33% - 67% (skala Von Post H4-H6)
<i>sapric</i>	< 33% (skala Von Post H7-H10)
B. Berdasarkan Kandungan Abu	
Jenis	Kandungan abu, Ac
<i>Low ash peat</i>	< 5%
<i>Medium ash peat</i>	5% - 15%
<i>High ash peat</i>	> 15%
C. Berdasarkan Tingkat Keasaman	
Jenis	Tingkat keasaman, pH
<i>Highly Acidic</i>	<4.5
<i>Moderately Acidic</i>	4.5 – 5.5
<i>Slightly Acidic</i>	>5.5 - <7
<i>Basic</i>	≥ 7
D. Berdasarkan Daya Penyerapan Air	
Jenis	Tingkat daya penyerapan air
<i>Extremely absorbent</i>	> 1500%
<i>Highly absorbent</i>	800% – 1500%
<i>Moderately absorbent</i>	> 300% – < 800%
<i>Slightly absorbent</i>	≤ 300%

5. Berdasarkan derajat dekomposisi (skala Von Post):

Skala Von Post mengklasifikasikan derajat dekomposisi tanah gambut secara visual seperti dalam Tabel 2.2. Namun, karena rentang variasi yang luas, umumnya pengamatan derajat dekomposisi secara visual tidak dilakukan dan dikorelasikan dengan kandungan serat seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 2 Prosedur Penentuan Skala Von Post

Skala	Keterangan
H ₁	Tidak terdekomposisi sempurna dan bebas <i>muck</i> ^{*)} , tidak berwarna sangat gelap, tidak kaya kandungan mineral, terdrainase dengan baik. Jika diremas dengan tangan, air cenderung tidak berwarna atau jernih.
H ₂	Hampir seluruhnya tidak terdekomposisi dan bebas <i>muck</i> . Ciri : tidak berwarna sangat gelap, tidak kaya kandungan mineral, terdrainase dengan baik. Jika diremas dengan tangan, air hampir jernih namun berwarna kuning kecoklatan.

Skala	Keterangan
H ₃	Sangat sedikit terdekomposisi dan mengandung sedikit <i>muck</i> . Jika diremas dengan tangan, terdapat aliran air, tidak ada tanah yang lewat di antara jari-jari dan residu tanah tidak lembek.
H ₄	Sedikit terdekomposisi dan mengandung beberapa <i>muck</i> . Jika diremas dengan tangan, terdapat sedikit aliran air dan residu tanah lembek.
H ₅	Tanah terdekomposisi sebagian atau mengandung banyak gambut terdekomposisi. Jika diremas dengan tangan, tanah melewati jari-jari dengan air berwarna gelap. Residu tanah sangat lembek.
H ₆	Tanah terdekomposisi sebagian atau mengandung banyak <i>muck</i> . Bentuk tumbuhan yang lapuk tidak terlihat. Jika diremas dengan tangan, 1/3 tanah melewati jari-jari, residu tanah sangat lembek, tetapi sisa tumbuhan terlihat lebih jelas daripada tanah gambut yang tidak diremas.
H ₇	Tanah hampir terdekomposisi dengan baik atau mengandung banyak <i>muck</i> , dimana bentuk tumbuhan yang lapuk masih dapat terlihat. Jika diremas dengan tangan, 1/2 tanah melewati jari-jari. Jika air dipisahkan berwarna sangat gelap dan pekat.
H ₈	Tanah terdekomposisi dengan baik atau mengandung banyak <i>muck</i> . Bentuk tumbuhan yang lapuk tidak dikenali. Jika diremas dengan tangan, 2/3 tanah melewati jari-jari. Air sangat pekat, terdapat serat atau akar yang tertahan.
H ₉	Tanah terdekomposisi dengan sangat baik atau terlihat seperti <i>muck</i> yang mana sisa tumbuhan yang tersisa terlihat semu. Jika diremas dengan tangan, hampir seluruh tanah melewati jari-jari seperti bubur yang homogen.
H ₁₀	Tanah gambut terdekomposisi sempurna atau terlihat seperti <i>muck</i> yang mana tidak ada sisa tumbuhan yang terlihat semu. Jika diremas dengan tangan, seluruh tanah melewati jari-jari.

Sumber : Peat Testing Manual, 1979

*) *Muck* adalah tanah yang mengandung banyak mineral, seperti lumpur, material organik yang terdekomposisi dengan baik, tanah gambut, berwarna gelap dan berakumulasi di bawah kondisi pengaliran (drainase) yang tidak baik, mengandung 60 – 80% abu, sering digunakan sebagai pupuk.

2.3. Karakteristik Tanah Gambut

Karakteristik tanah gambut berbeda dengan tanah lempung. Fase solid tanah gambut yang terdiri dari serat yang mengandung makropori dan mikropori menyebabkan tanah gambut sangat sensitif terhadap penurunan kandungan air di

dalamnya. Ketika terjadi penurunan kandungan air akibat penurunan muka air tanah, maka proses dekomposisi akan berlangsung lebih cepat karena aktivitas mikroorganisme dekomposer lebih banyak terjadi dalam keadaan aerob. Proses dekomposisi menghasilkan serat di dalam tanah gambut terurai dan derajat dekomposisi menjadi semakin tinggi. Sejalan dengan berlangsungnya hal tersebut, tanah gambut menjadi kehilangan kemampuannya dalam menyerap air seperti semula (*irreversible drying*) dan terjadi peristiwa penurunan permukaan tanah (*subsidence*), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kondisi lahan gambut yang mengalami penurunan muka tanah (Balitbangtan, 2014)

Pada kenyataannya, penurunan permukaan tanah cenderung terus terjadi pada tanah gambut. Sebagai contoh, Balitbangtan (2014) menyatakan bahwa rata-rata penurunan muka tanah pada gambut Barambai, Barito Kuala (Kalsel) selama tiga tahun pertama rata-rata 16 cm/tahun dan pada gambut Delta Upang (Sumsel) antara 6,5-65,5 cm/tahun. *Subsidence* mulai mengecil setelah tahun ke enam dan mantap setelah tahun ke delapan atau kesepuluh (Notohadiprawiro, 1979; Hardjowigeno, 1997 dalam Balitbangtan, 2014). Selain menyebabkan subsidence akibat penurunan muka air tanah, fase solid tanah gambut juga menyebabkan tanah gambut memiliki berat jenis tanah yang rendah, kemampumampatan besar

dan daya dukung rendah. Secara umum, hasil pengujian sifat fisik dan teknis tanah gambut ditampilkan dalam Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Sifat Fisik Tanah Gambut

No.	Sifat Fisik	Satuan	Nilai
1	Kandungan organik (Oc)	%	95 – 99
2	Berat volume (γ_t)	t/m ³	0.9 – 1.25
3	Kadar air (w)	%	750 – 1500
4	Angka pori (e)		5 – 15
5	Tingkat keasaman, (pH)		4 – 7
6	Kadar abu (Ac)	%	1 – 5
7	Spesific gravity (Gs)		1.38 – 1.52
8	Rembesan (k)	cm/det	$2 \times 10^{-3} - 1.2 \times 10^{-6}$

Sumber : dari berbagai sumber dalam Yulianto, 2009

Tabel 2. 4 Sifat Teknis Tanah Gambut

No.	Sifat Fisik	Nilai	Keterangan
1	Kohesi tanah	0	non cohesive material
2	Kemampumampatan	Sangat tinggi	Sensitive terhadap beban
3	Daya dukung	5 – 7 kPa	Skandinavia
4	Sudut geser dalam	>50°	Terutama fibrous peat
5	Koefisien tanah at rest (K_0)	≤ 0.5	Lebih kecil dari lempung
6	Konsolidasi	Sangat lama	4 tahap

Sumber : dari berbagai sumber dalam Yulianto, 2009

2.4. Stabilisasi Tanah Gambut dengan Bahan Kimia

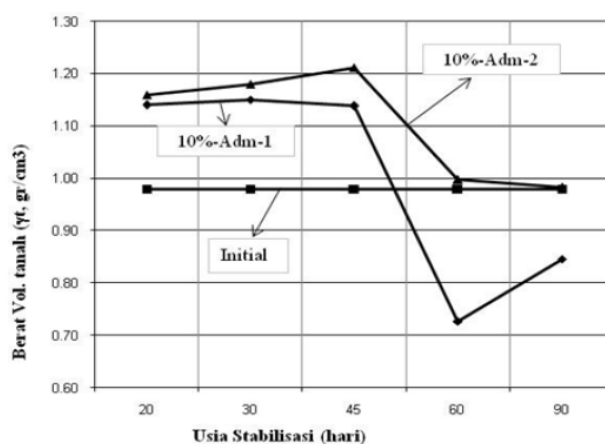
Metode stabilisasi tanah gambut dengan menambahkan zat kimia telah banyak diteliti. Beberapa dari penelitian yang telah dilakukan antara lain: stabilisasi menggunakan variasi ordinary portland cement (OPC), ground granulated blast furnace slag (GGBS), dan sodium bentonite (SB) oleh Sing, dkk. (2008); stabilisasi menggunakan variasi carbid lime oleh Said dan Taib (2009); stabilisasi menggunakan variasi fly ash dan gypsum oleh Kolay dan Pui (2010); stabilisasi menggunakan variasi class F of pond ash oleh Kolay, dkk. (2011); stabilisasi menggunakan variasi CaCO_3 dan pozolan oleh Mochtar, dkk. (2014); stabilisasi menggunakan variasi hydrated lime oleh Nikookar, dkk. (2016); stabilisasi menggunakan variasi pasir, potongan karet ban, gypsum, lime, dan

semen oleh Saberian dan Rahgozar (2016). Tanah gambut yang distabilisasi menggunakan campuran zat kimia tersebut cenderung menunjukkan peningkatan kekuatan pada uji Unconfined Compressive Strength (UCS). Namun, sampel gambut yang digunakan dalam penelitian Sing, dkk. (2008); Said dan Taib (2009); Kolay dan Pui (2010); Kolay, dkk. (2011); dan Nikookar, dkk (2016) telah dikeringkan menggunakan oven maupun dengan mendiamkan di bawah matahari dan dilakukan pengayakan untuk mendapat ukuran butiran tertentu. Proses ini menyebabkan ukuran dan kadar serat sampel tanah gambut sudah tidak representatif.

Huttunen dan Kujala (1996) *dalam* Sing, dkk (2009) menyampaikan bahwa kekuatan yang dicapai oleh stabilisasi menurun terhadap berlanjutnya dekomposisi pada semua tanah gambut yang diuji. Pernyataan ini sesuai dengan hasil penelitian Mochtar, N.E., dkk (2014) tentang pengaruh usia stabilisasi pada tanah gambut berserat yang distabilisasi dengan campuran CaCO_3 dan pozolan. Penelitian tersebut menunjukkan hasil bahwa pada usia stabilisasi 20-45 hari perubahan sifat fisik tanah gambut yang distabilisasi meningkat secara signifikan. Kemudian, pada usia peram di atas 45 hari sifat fisik gambut yang distabilisasi justru menurun. Hal ini dapat diamati pada Gambar 2.4 hingga 2.6 dimana keterangan 10%-Adm-1 adalah bahan stabilisasi berupa campuran kalsium karbonat (CaCO_3) dan abu sekam padi sebanyak 10% dari berat basah tanah, sedangkan 10%-Adm-2 adalah campuran kalsium karbonat (CaCO_3) dan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 10% dari berat basah tanah. Pemberian campuran CaCO_3 dan pozolan diharapkan mampu membentuk ikatan CaSiO_3 yang dapat memperbaiki sifat tanah gambut.

Pada Gambar 2.4 terlihat bahwa penambahan Adm-1 dan Adm-2 mengalami peningkatan terhadap berat volume initial tanah gambut. Nilai berat volume kedua jenis campuran menunjukkan sedikit peningkatan pada usia peram 30 hari. Kemudian kedua alur menjadi berbeda pada usia peram 45 hari, dimana adm-1 menunjukkan penurunan sedangkan adm-2 mengalami kenaikan. Pada usia peram 60 hari, kedua alur grafik mengalami penurunan secara signifikan dengan berat volume terkecil terjadi pada sampel dengan bahan stabilisasi adm-1 yang mencapai angka di bawah berat volume initial. Jika dikaitkan dengan perubahan

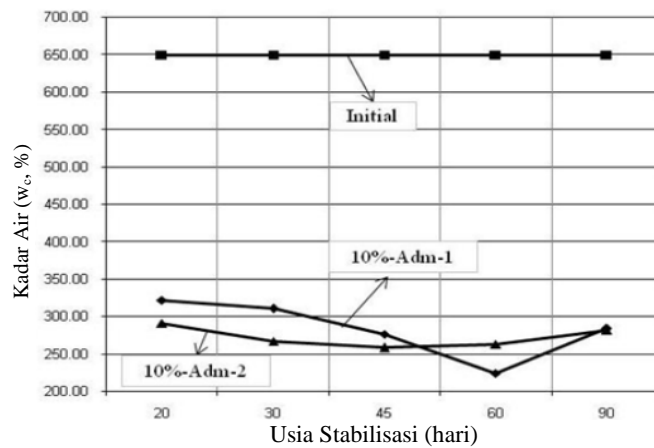
kadar air pada Gambar 2.5, maka turunnya nilai berat volume pada usia peram 60 hari disertai dengan penurunan kadar air, sehingga mengindikasikan semakin sedikitnya kandungan air di dalam tanah gambut karena digunakan untuk proses perubahan jelly CaSiO_3 menjadi kristal CaSiO_3 . Menurunnya kadar air pada tanah gambut tersebut menyebabkan laju dekomposisi pada tanah gambut menjadi lebih cepat. Hal ini dibuktikan melalui data perubahan angka pori pada Gambar 2.6. Mochtar, N.E., dkk., (2014) menyatakan bahwa dekomposisi menyebabkan volume serat menurun dan angka pori menjadi meningkat. Laju dekomposisi yang berlangsung cepat pada masa peram 45 hingga 60 hari menghasilkan perubahan nilai angka pori yang signifikan pada usia peram 45 hingga 60 hari. Serat-serat yang terurai di antara ikatan CaSiO_3 akan memampat dan meninggalkan rongga sehingga nilai angka pori akan meningkat.



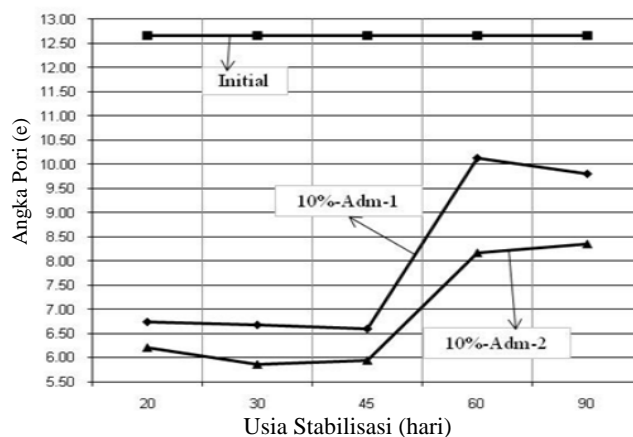
Gambar 2. 4 Berat volume tanah gambut terstabilisasi dalam fungsi waktu (Mochtar, N.E., dkk., 2014)

Perubahan sifat yang signifikan akibat dekomposisi juga dijelaskan oleh Mochtar, N.E dan Yulianto, F.E (2017) pada perilaku pemampatan tanah gambut berserat yang distabilisasi dengan campuran kapur CaCO_3 + abu sekam padi dan kapur CaCO_3 + abu terbang (fly ash). Pemeraman gambut berserat terstabilisasi tersebut dilakukan selama 90 hari. Berdasarkan hasil uji konsolidasi, grafik hubungan antara regangan vertikal (ordinat) dengan waktu (absis) pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8 menunjukkan bahwa pemampatan terbesar terjadi pada tanah gambut yang distabilisasi dengan kapur CaCO_3 + abu sekam padi pada usia

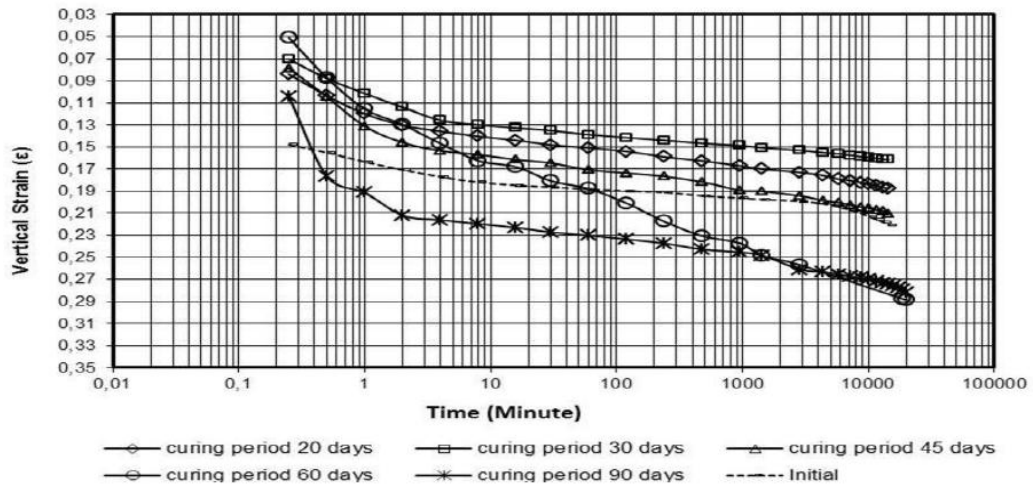
peram 60 hari. Selain itu, faktor pemampatan sekunder pada kedua jenis campuran bahan stabilisasi menunjukkan adanya perubahan signifikan pada usia peram 45-60 hari. Hal ini dikarenakan air yang terdapat tanah gambut berserat terstabilisasi telah terserap untuk proses pembentukan *jelly* CaSiO_3 menjadi kristal CaSiO_3 sehingga perubahan sifat didominasi oleh adanya proses dekomposisi. Hasil penelitian Mochtar, N.E., dkk., (2014) dan Mochtar, N.E dan Yulianto, F.E (2017) semakin memperkuat pentingnya dilakukan percepatan proses dekomposisi pada tanah gambut untuk memperoleh sifat fisik dan teknis tanah yang cenderung lebih stabil.



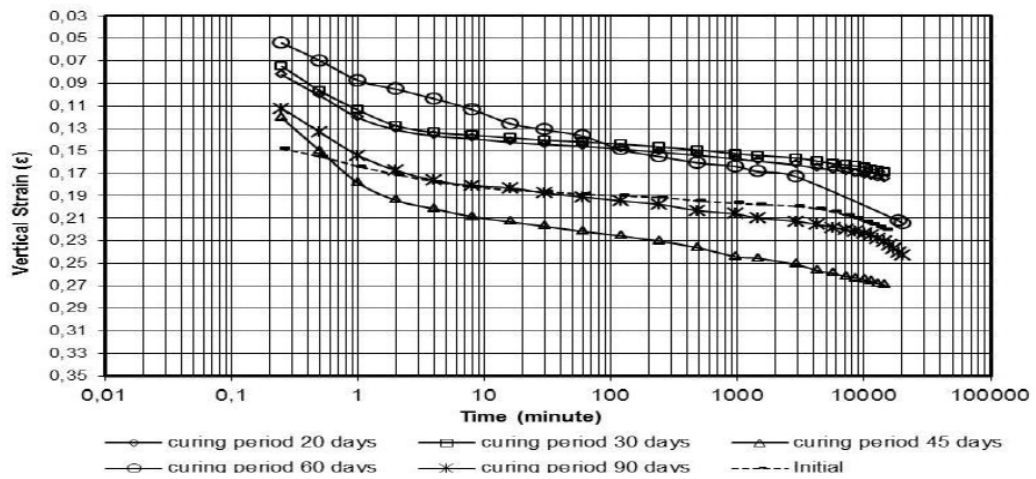
Gambar 2. 5 Perubahan kadar air tanah gambut terstabilisasi dalam fungsi waktu (Mochtar, N.E., dkk., 2014)



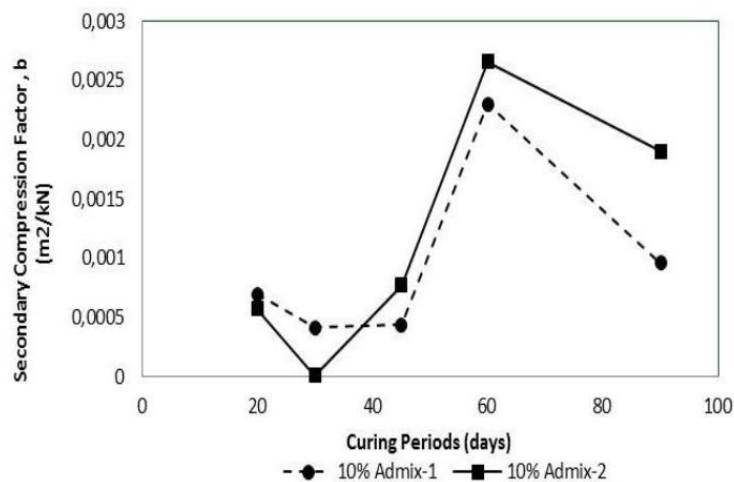
Gambar 2. 6 Angka pori tanah gambut terstabilisasi dalam fungsi waktu. (Mochtar, N.E., dkk., 2014)



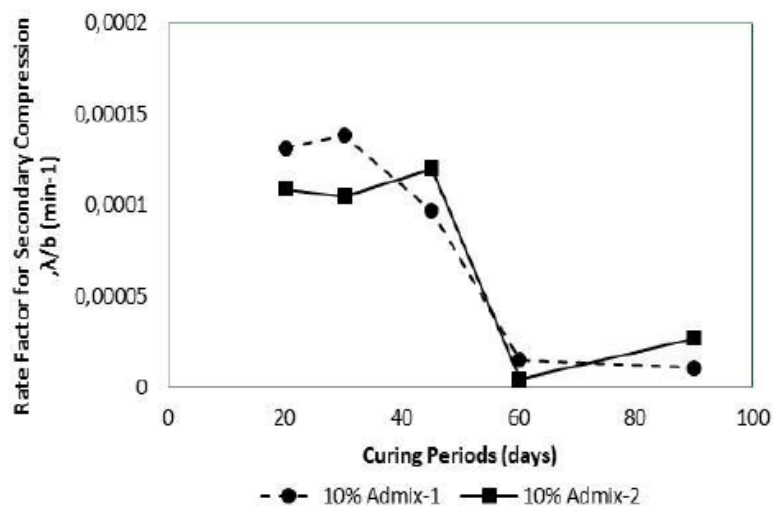
Gambar 2. 7 Grafik pemampatan uji konsolidasi beban tetap pada tanah gambut berserat terstabilisasi dengan 10% kapur CaCO_3 + abu sekam padi. (Mochtar, N.E., dkk., 2014)



Gambar 2. 8 Grafik pemampatan uji konsolidasi beban tetap pada tanah gambut berserat terstabilisasi dengan 10% kapur CaCO_3 + abu terbang. (Mochtar, N.E., dkk., 2014)



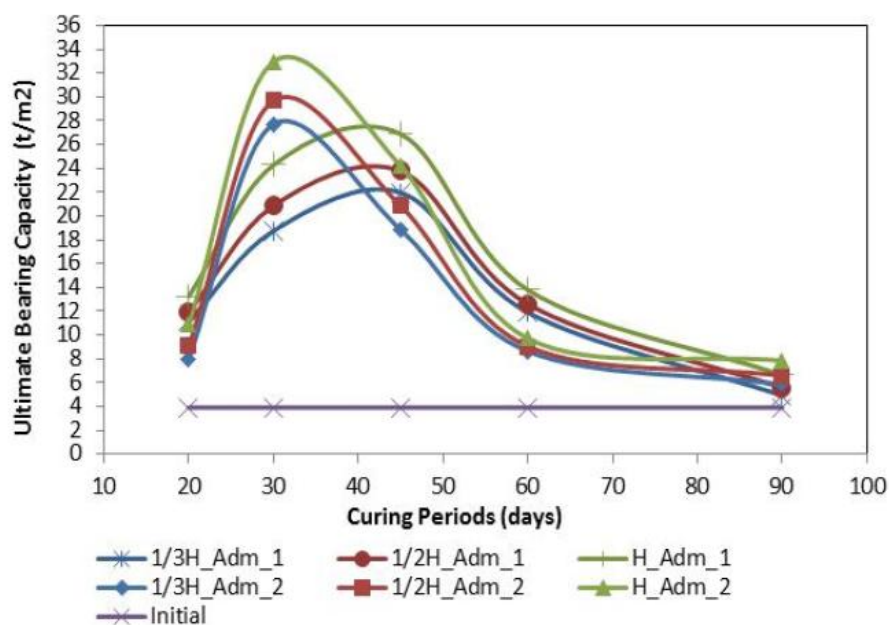
Gambar 2. 9 Pengaruh masa peram tanah gambut berserat terstabilisasi terhadap parameter faktor pemampatan sekunder.
(Mochtar, N.E., dan Yulianto, F.E., 2017)



Gambar 2. 10 Pengaruh masa peram tanah gambut berserat terstabilisasi terhadap parameter λ/b .
(Mochtar, N.E., dan Yulianto, F.E., 2017)

Selain mempengaruhi perilaku pemampatan pada tanah gambut berserat terstabilisasi, Yulianto, F.E dan Mochtar, N.E (2016) juga menunjukkan bahwa penyerapan air dan dekomposisi mempengaruhi kapasitas daya dukung tanah gambut yang distabilisasi dengan ketebalan lapisan berbeda. Hal ini nampak pada Gambar 2.11 bahwa kapasitas daya dukung tanah pada kedua jenis bahan stabilisasi mengalami penurunan signifikan selama masa peram tertentu. Pada campuran 10% kapur CaCO_3 + abu sekam padi (admixture-1) penurunan

kapasitas daya dukung terjadi secara signifikan pada masa peram 30-60 hari. Sedangkan campuran 10% kapur CaCO_3 + abu terbang (admixture-2) mengalami penurunan signifikan pada masa peram 45-60 hari. Setelah mengalami penurunan signifikan, kedua jenis campuran gambut terstabilisasi mengalami penurunan yang lebih kecil dan cenderung konstan pada admixture-2. Hal ini menandakan bahwa setelah terjadi perubahan sifat yang signifikan akibat proses dekomposisi, sifat pada tanah gambut berserat akan menjadi cenderung lebih stabil.



Gambar 2. 11 Perilaku kapasitas daya dukung tanah gambut yang distabilisasi dengan admixture-1 dan admixture-2.
(Yulianto, F.E dan Mochtar, N.E., 2016)

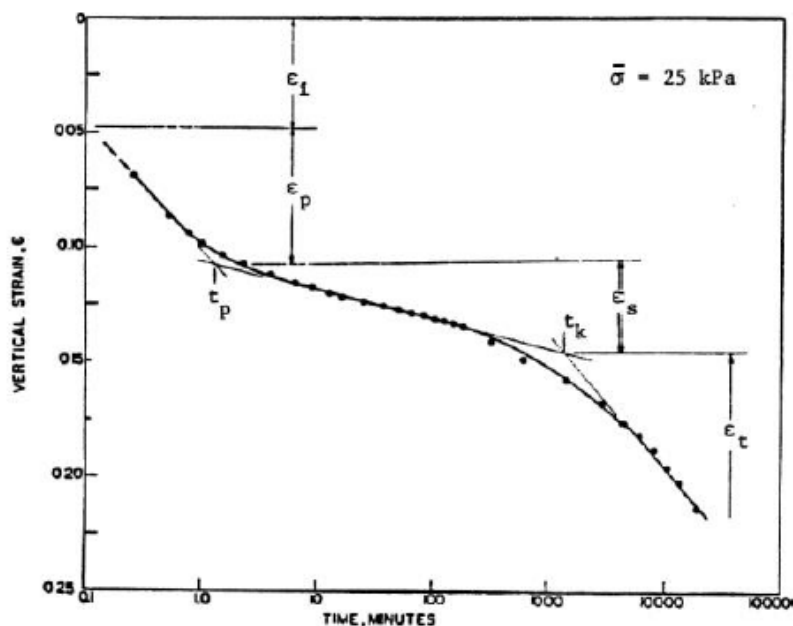
2.5. Perilaku Pemampatan Tanah Gambut

Perilaku pemampatan tanah gambut lebih kompleks dibandingkan dengan tanah lempung. Perbedaan perilaku pemampatan tanah gambut dan tanah mineral (lempung) dapat diamati dari grafik hubungan regangan vertikal (sumbu ordinat) terhadap waktu (sumbu absis) hasil pengujian Oedometer pada Gambar 2.12 dan Gambar 2.13. Pemampatan primer tanah lempung terjadi akibat keluarnya air dari pori saat dibebani. Sedangkan pemampatan sekunder terjadi

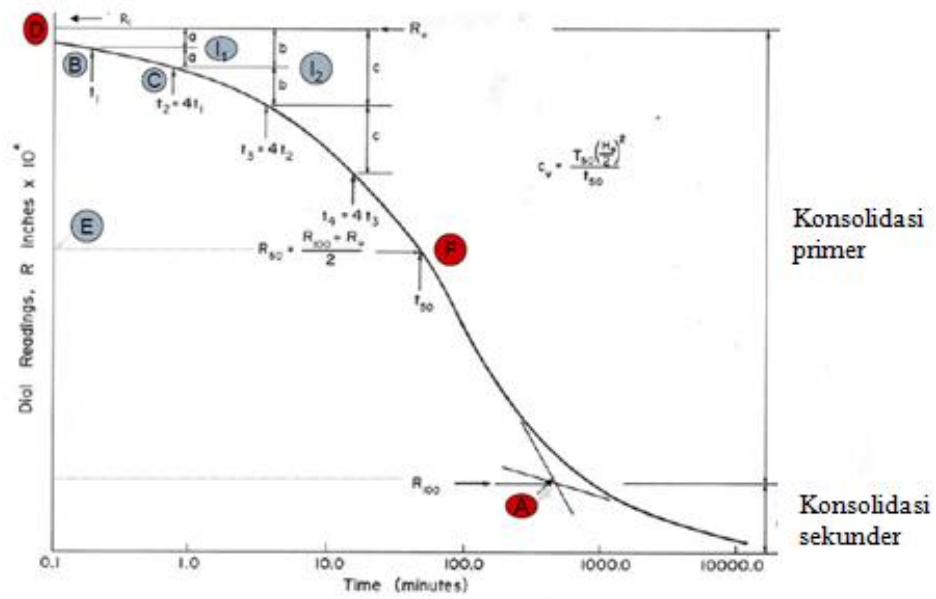
tanah mengalami kelelahan ketika menerima beban yang konstan sehingga terjadi reposisi butiran tanah.

Perilaku pemampatan tanah gambut terdiri dari pemampatan seketika, pemampatan primer, sekunder dan tersier. Pada saat dibebani, tanah gambut akan mengalami pemampatan seketika. Kemudian diikuti dengan pemampatan primer yaitu pemampatan akibat keluarnya air dari makropori tanah gambut. Dengan bertambahnya waktu pembebanan, pemampatan terjadi akibat keluarnya air dari mikropori tanah gambut dan dinamakan pemampatan sekunder. Ketika dekomposisi terjadi, maka ukuran serat akan berubah menjadi lebih kecil dan memampat sehingga terjadi pemampatan tersier.

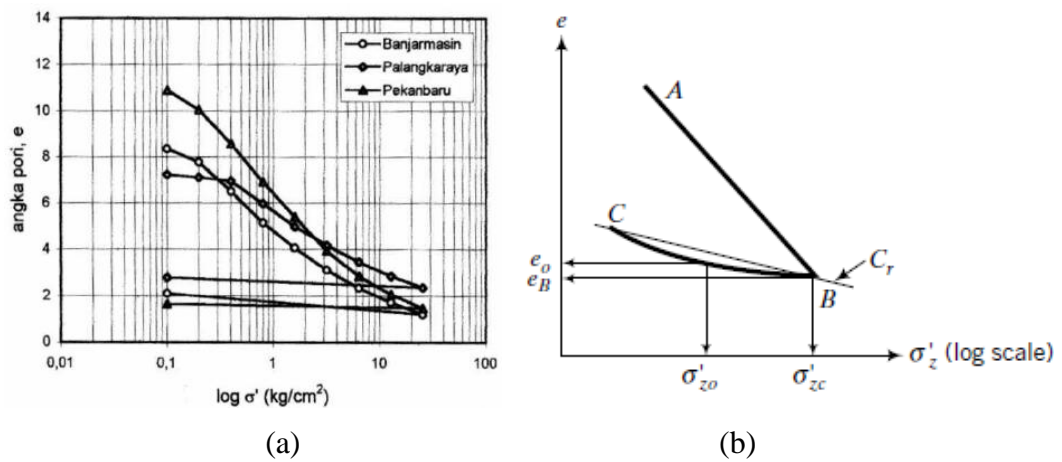
Perbedaan perilaku pemampatan tanah gambut dan tanah lempung juga ditunjukkan pada Gambar 2.14 dimana kurva hubungan antara angka pori dan log tegangan efektif (σ') tanah gambut untuk menghitung indeks pemampatan primer (C_c) berbentuk cekung. Sedangkan, idealnya kemiringan garis C_c pada tanah lempung berbentuk garis lurus. Karena perilaku pemampatan yang kompleks, maka perhitungan pemampatan tanah gambut diselesaikan dengan model rheologi yang dikembangkan oleh Gibson dan Lo (1961) seperti pada Gambar 2.15.



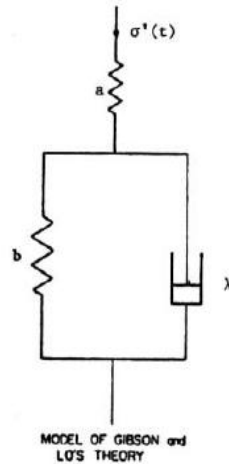
Gambar 2. 12 Ilustrasi pemampatan tanah gambut hasil uji oedometer (Gibson dan Lo, 1961)



Gambar 2. 13 Ilustrasi pemampatan tanah lempung hasil uji oedometer (diolah dari Mochtar, dkk., 2012)



Gambar 2. 14 Kurva hubungan angka pori dan $\log \sigma'$: (a) tanah gambut; dan (b) tanah lempung (Mochtar, N.E; Budhu. M, 2011)



Gambar 2. 15 Model rheologi Gibson dan Lo (1961)

Persamaan eksak pemampatan sekunder model rheologi Gibson dan Lo (1961) adalah sebagai berikut:

$$\varepsilon(t) = [a + b (1 - e^{-(\lambda/b)t})] \quad (2.1)$$

dengan:

$\Delta\sigma'$ = penambahan tegangan (kPa)

t = waktu (menit)

λ/b = faktor laju pemampatan sekunder (1/menit)

a = parameter pemampatan primer (m^2/kN)

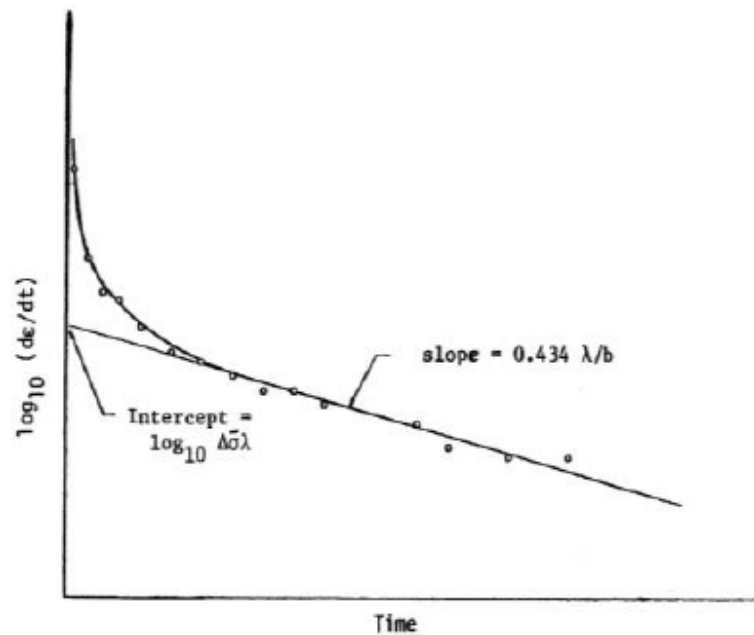
b = parameter pemampatan sekunder (m^2/kN)

Dengan menggunakan grafik hubungan antara sumbu ordinat berupa $\log_{10}(d\varepsilon/dt)$ dengan sumbu absis berupa waktu seperti pada Gambar 2.16, penentuan nilai dari parameter a dan b pada waktu yang telah diketahui adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{\varepsilon(t)}{\Delta\sigma'} - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t} \quad (2.2)$$

$$\text{Kemiringan garis} = -0.434 (\lambda/b) \quad (2.3)$$

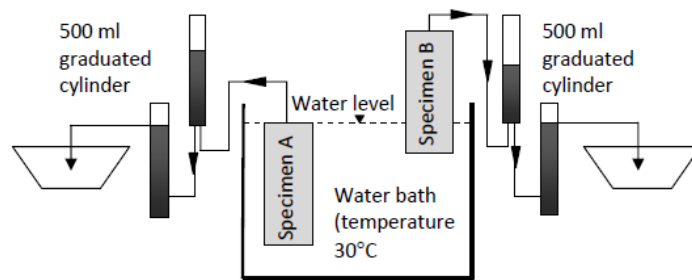
$$\text{Perpotongan dengan sumbu ordinat} = \log (\Delta\sigma'\lambda) \quad (2.4)$$



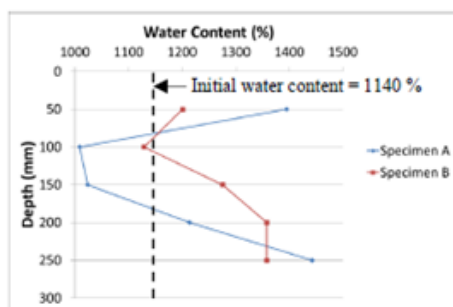
Gambar 2. 16 Penentuan parameter “a” dan “b” Gibson dan Lo (1961)

2.6. Pengaruh Derajat Dekomposisi Terhadap Sifat Fisik Tanah Gambut

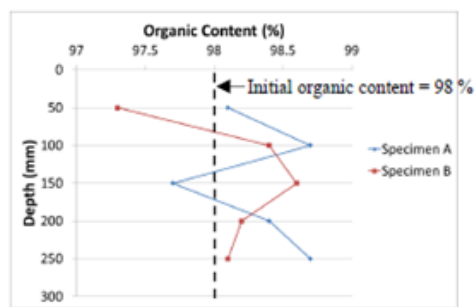
Pengaruh derajat dekomposisi terhadap sifat fisik tanah gambut dapat diamati melalui penelitian yang dilakukan oleh Pinchan and O’Kelly (2012) mengenai pengamatan potensi terjadinya dekomposisi pada tanah gambut berserat yang berasal dari Balleydermot Bog (skala von Post H5) dalam Gambar 2.17. Penelitian ini menggunakan dua buah sampel tanah gambut dalam kondisi tak terganggu (*undisturbed*) yang diletakan pada suatu tabung dengan tinggi sampel 250mm. Kedua sampel tersebut diberi nama sampel A dan B kemudian diletakkan ke dalam kotak berisi air gambut bertemperatur 30°C dengan masing-masing posisi kedalaman sampel berbeda terhadap permukaan air. Sampel A direndam hingga bagian atas sampel sejajar dengan permukaan air. Sedangkan sampel B diletakkan 200mm di atas permukaan air. Sampel diperam selama 2 bulan dalam kondisi tersebut tanpa pemberian tegangan.



Gambar 2. 17 Ilustrasi perlakuan pada sampel tanah gambut A dan B
(Pichan, S dan B.C O'Kelly, 2012)



(a) Kadar air



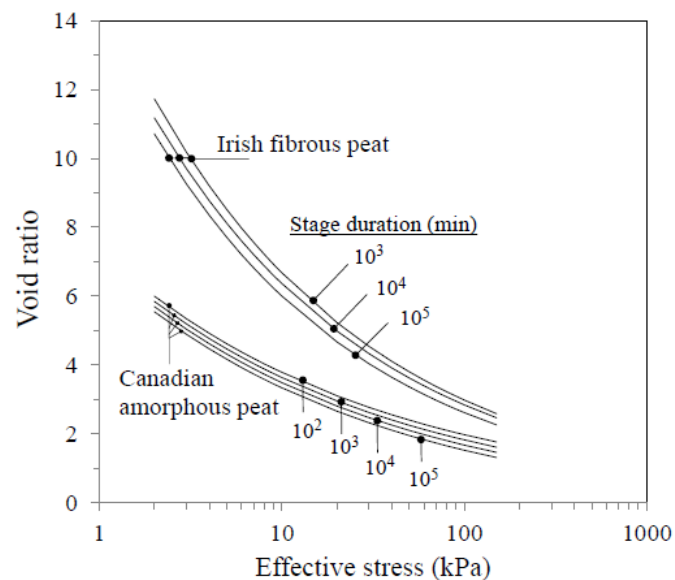
(b) Kandungan organik

Gambar 2. 18 Perilaku fisik terhadap kedalaman sampel A dan B
(Pichan, S. dan O'Kelly, B.C., 2012)

Setelah masa pemeraman berakhir, dilakukan pengujian kadar air, kandungan organik dan liquid limit pada setiap sampel kemudian hasilnya dibandingkan dengan kondisi awalnya seperti pada Gambar 2.18. Dari gambar tersebut diketahui bahwa derajat dekomposisi tanah gambut pada kedua sampel bervariasi terhadap kedalamannya ditandai dengan berubah-ubahnya nilai setiap parameter yang diuji. Berdasarkan jenis perlakuan yang diberikan kepada sampel, sampel B menunjukkan derajat dekomposisi lebih tinggi dibandingkan sampel A. Sampel B menunjukkan nilai kadar air dan kandungan organik yang cenderung lebih rendah dibandingkan sampel A terutama pada kedalaman sampel mencapai 100mm. Secara tidak langsung nampak bahwa perlakuan yang diterapkan pada sampel B berupa tidak terendamnya sebagian sampel membuat dekomposisi tanah gambut berlangsung lebih cepat dibandingkan sampel A.

2.7. Pengaruh Derajat Dekomposisi Terhadap Sifat Teknis Tanah Gambut

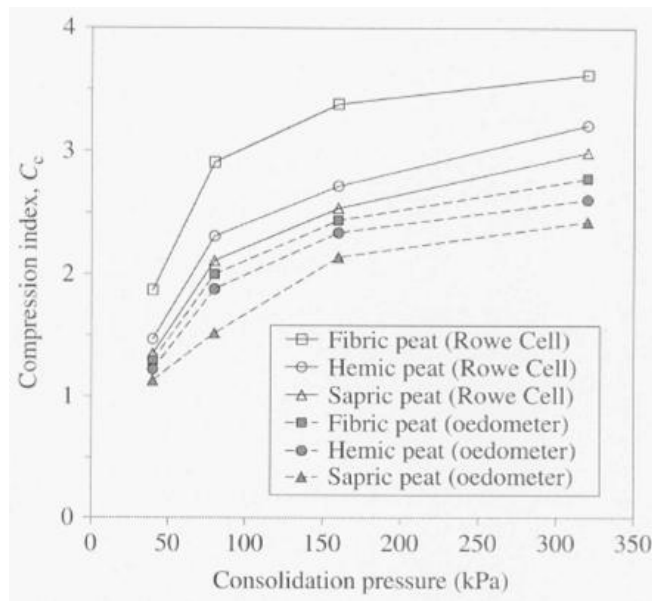
Selain mempengaruhi sifat fisik tanah gambut, dekomposisi juga sangat mempengaruhi sifat teknis tanah gambut. Berdasarkan evaluasi perilaku pemampatan yang dilakukan Hoobs (1986) dalam Pinchan dan O'Kelly (2012) dalam Gambar 2.19 diketahui bahwa gambut *amorphous* memiliki nilai penurunan angka pori jauh lebih kecil dibandingkan gambut berserat ketika menerima tegangan dengan nilai yang sama. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin tinggi derajat dekomposisi tanah gambut, akan dihasilkan pemampatan yang semakin kecil.



Gambar 2. 19 Hubungan tegangan efektif terhadap angka pori pada gambut berserat Irlandia dan gambut amorphous Canada.
(Hoobs,1986 dalam Pinchan dan B.C O'Kelly, 2012)

Pengaruh derajat dekomposisi terhadap perilaku tanah gambut juga dapat diamati dari hasil penelitian Youventharan, dkk (2007) pada Gambar 2.20. Dalam gambar tersebut ditampilkan grafik hubungan antara nilai indeks pemampatan (C_c) tanah gambut *fibric*, *hemic*, dan *sapric* terhadap tegangan konsolidasi menggunakan oedometer maupun Rowe Cell. Hasilnya, indeks pemampatan tertinggi terjadi pada tanah gambut *fibric* lalu diikuti dengan gambut *hemic* dan *sapric*. Perilaku pemampatan tanah gambut yang diteliti oleh Youventharan, dkk

(2007) menunjukkan perilaku yang serupa dengan evaluasi yang dilakukan Pinchan and O'Kelly (2012) dimana semakin tinggi derajat dekomposisi tanah gambut, maka semakin kecil pemampatan yang terjadi ketika tanah gambut menerima beban.



Gambar 2. 20 Hubungan indeks pemampatan (C_c) terhadap tegangan konsolidasi pada gambut *fibric*, *hemic*, dan *sapric*.
(Youventharan, dkk., 2007 dalam O'Kelly, 2013)

2.8. Peran Mikroorganisme dalam Proses Percepatan Dekomposisi

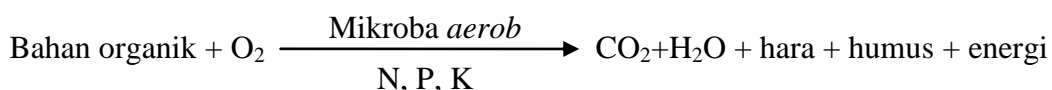
Proses dekomposisi yang terjadi pada tanah gambut tidak terlepas dari peran mikroorganisme dekomposer yang hidup di dalamnya. Mikroorganisme dekomposer tersebut memanfaatkan senyawa penyusun serat tumbuhan seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan senyawa lainnya untuk metabolisme tubuhnya. Menurut Balittanah (2006), selulosa merupakan senyawa yang secara alami sulit untuk didekomposisi. Oleh karena itu, proses percepatan dekomposisi membutuhkan bioaktivator seperti bakteri, fungi, aktinomisetes, dan protozoa.

Terdapat dua jenis mikroorganisme yang hidup pada tanah gambut berdasarkan ketersediaan jumlah oksigennya, yaitu mikroorganisme aerob dan anaerob. Mikroorganisme aerob adalah mikroorganisme yang hidup dalam kondisi

lingkungan kaya oksigen (aerob). Sedangkan mikroorganisme anaerob adalah mikroorganisme yang hidup dalam kondisi lingkungan miskin oksigen (anaerob). Pada tanah gambut, kondisi aerob dapat diketahui apabila lapisan tanah gambut tidak tergenang air atau tergenang air namun masih memungkinkan untuk terjadi difusi oksigen dari atmosfer. Sedangkan apabila lapisan tanah gambut berada pada kedalaman dimana proses difusi oksigen tidak mampu menjangkau kedalaman tersebut, maka lapisan tersebut disebut anaerob.

Pada kondisi asli di lapangan, tanah gambut memiliki lapisan yang kondisinya aerob maupun anaerob. Pada kondisi aerob proses dekomposisi terjadi lebih cepat dibandingkan kondisi anaerob. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Hoobs (1986) dalam Pichan, S dan B.C O'Kelly (2012) bahwa pada lingkungan yang tidak tersedia oksigen proses dekomposisi menjadi anaerob dengan aktivitas mikrobiologi yang lambat. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa perbedaan ketersediaan oksigen pada setiap kedalaman gambut akan menghasilkan derajat dekomposisi yang berbeda pula. Hal ini dapat diamati pada Tabel 2.5 yang menunjukkan hubungan ketebalan dan dengan derajat dekomposisi lapisan tanah gambut di beberapa lokasi di Indonesia. Dalam tabel tersebut tampak bahwa semakin dalam lapisan tanah gambut derajat dekomposisi berubah secara berurutan dari saprik menjadi hemik dan fibrik.

Proses dekomposisi tanah gambut dapat juga disebut sebagai pengomposan. Haug (1980) dalam Balittanah (2006) menyatakan bahwa pengomposan aerob merupakan proses pengomposan bahan organik dengan menggunakan O₂. Hasil akhir dari dekomposisi aerob merupakan produk metabolisme biologi berupa CO₂, H₂O, panas, unsur hara, dan sebagian humus. Dalam proses dekomposisi tersebut diperlukan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) sebagai unsur yang dibutuhkan mikroba dekomposer seperti bakteri aerob. Secara skematis Balittanah (2006) menyatakan bahwa proses dekomposisi oleh mikroba aerob yang salah satunya adalah bakteri *aerob* ditulis sebagai berikut:



Tabel 2. 5 Hubungan Ketebalan dan Derajat Dekomposisi Lapisan Tanah Gambut di Beberapa Lokasi di Indonesia

Ketebalan (cm)	Muaro-Jambi JAMBI	Pelalawan RIAU	Kubu Raya KALBAR	Pulang Pisau KALTENG	K-kencana MIMIKA					
10	0-70cm saprik	0-50 cm Saprik	0-30 cm Saprik	0-70cm Saprik	0-160cm Hemik					
20			30-150 cm Hemik							
30										
40		60-90cm Hemik								
50										
60	70-210cm Hemik	90-500cm Fibrik		70-130cm Hemik						
70										
80				130-500cm Fibrik						
90										
100										
150	210-500cm Fibrik		150-500cm Fibrik	160-220cm Fibrik	Liat berdebu YH23					
200										
210										
300										
400										
500										
Sub-stratum	Liat berdebu	Liatberdebu	Liat	Liat						
Pemeta	Slj-10	WH10	NR30	DS2						

Sumber: Balitbangtan, 2014

Penggunaan mikroorganisme dekomposer untuk mempercepat proses dekomposisi telah banyak diteliti dan dilakukan untuk berbagai kepentingan. Kumalasari dan Zulaika (2016) melakukan penelitian tentang pengomposan daun menggunakan konsorsium azotobacter yang berasal dari lahan Eco Urban Farming Institute Teknologi Sepuluh November (ITS). Bakteri azotobacter tersebut bertugas sebagai *agent composting* yang mampu mendegradasi selusosa, lipid, protein, lignin. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsorsium azotobacter yang digunakan mampu membentuk kompos dengan tekstur remah selama 4 minggu inkubasi dan kompos matang selama 8 minggu inkubasi. Aktivitas

mikroorganisme selama proses dekomposisi dapat ditandai dengan perubahan pH, temperatur, bau, warna, dan bau, dan tekstur seperti dalam Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Hasil Pengamatan Pengomposan dengan Konsorsium Azotobacter

Parameter	Hari ke-1	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-28	Hari ke-56
Suhu	29°C	30°C	31.5°C	32°C	29°C
Bau	serasah	serasah	bau tanah	bau tanah	bau tanah
Warna	coklat kekuningan	coklat	Coklat tua	Coklat kehitaman	Coklat kehitaman
Tekstur	Lembek, menggumpal	Bentuk daun	Lebih halus, lembek	Ukuran kecil	remah

Sumber : Kumalasari dan Zulaika, 2016

Perubahan suhu dan temperature selama proses dekomposisi juga dapat diamati dalam penelitian Yanqoritha (2013) mengenai optimasi activator dalam pembuatan kompos organik dari limbah kakao. Hasil pengamatan pH dan temperature pada setiap activator yang digunakan dalam penelitian tersebut diampikan dalam Tabel 2.7 dan Tabel 2.8. Proses dekomposisi yang terjadi selama masa peram 56 hari menghasilkan kenaikan nilai pH yang semulanya bersifat asam menjadi netral hingga sedikit basa. Selain itu terjadi pula kenaikan suhu dengan nilai tertinggi pada masa peram 28 hari dan kemudian menurun hingga masa peram 56 hari.

Tabel 2. 7 Kondisi pH Kompos pada Variasi Aktivator

Waktu (hari)	pH rata-rata sampel pada aktivator			
	EM4	MOD 71	Kotoran Domba	Tanpa Aktivator
0	5.09	5.34	5.07	5.03
7	5.35	5.69	5.28	5.28
14	5.69	6.02	5.53	5.56
21	5.93	6.36	5.81	6.25
28	6.28	6.67	6.08	6.46
35	6.60	6.91	6.51	6.69
42	6.92	7.21	6.83	7.04
49	7.26	7.44	7.26	7.43
56	7.46	7.75	7.60	7.58

Sumber: Yanqoritha, 2013

Tabel 2. 8 Kondisi Temperature Kompos pada Variasi Activator

Waktu (hari)	Temperatur rata-rata sampel pada activator (°C)			
	EM4	MOD 71	Kotoran Domba	Tanpa Aktivator
0	28.00	28.00	28.00	28.00
7	43.00	31.50	30.25	29.75
14	40.63	38.00	37.63	33.38
21	47.63	42.75	41.95	37.98
28	54.88	53.85	48.22	41.80
35	49.40	48.82	43.32	46.53
42	42.68	44.85	39.63	40.85
49	32.13	33.88	35.18	37.83
56	28.00	29.88	30.28	30.70

Sumber: Yanqoritha, 2013

Penggunaan mikroorganisme dekomposer untuk mempercepat dekomposisi tanah gambut masih merupakan hal awam di bidang teknik sipil. Namun, dengan mengetahui hal tersebut Muslikah (2011) melakukan penelitian tentang proses degradasi tanah gambut menggunakan bantuan mikroorganisme untuk proses konsolidasi tanah. Beberapa mikroorganisme yang digunakan adalah mikroorganisme asli yang ada di dalam tanah gambut, pupuk hayati EM4 dan P2000Z. Dari ketiga jenis mikroorganisme tersebut kemudian dicampur dengan variasi campuran seperti yang disajikan dalam Tabel 2.9. Persentase campuran yang ditulis dalam tabel tersebut merupakan persentase volume mikroorganisme terhadap volume sampel tanah gambut. Variasi dari pencampuran mikroorganisme tersebut kemudian diinjeksikan ke dalam sampel tanah gambut yang berasal dari Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan. Proses pemeraman campuran mikroorganisme dekomposer dan tanah gambut dilakukan selama 1 bulan, dimana pada hari ke-14 masa pemeraman dilakukan kembali injeksi mikroorganisme pada setiap sampel.

Berdasarkan data hasil pengujian dalam Tabel 2.10, diketahui bahwa setiap variasi mengalami peningkatan nilai pH pada setelah masa pemeraman 30 hari. Selain itu, diperoleh campuran mikroorganisme yang menghasilkan tingkat degradasi terbaik yaitu campuran A4 (10% bakteri asli +10% pupuk hayati EM-4+ 10% P2000z). Namun, campuran A4 menunjukkan ketidakkonsistenan data

jika dikaitkan dengan data konsolidasi yaitu nilai (%) penurunan sampel terkecil justru terjadi pada sampel campuran A2 dan indeks pemampatan terkecil pada sampel campuran A5. Sehingga diperlukan adanya tinjauan ulang mengapa data hasil konsolidasi tidak merepresentasikan pengaruh dekomposisi pada tanah gambut.

Tabel 2. 9 Variasi Campuran Tanah Gambut dan Mikroorganisme

Kode	Keterangan
A1	tanah gambut + mikroorganisme asli (15%)
A2	tanah gambut + mikroorganisme asli (30%)
A3	tanah gambut + mikroorganisme asli (5%) + EM4 (5%) + P2000z (5%)
A4	tanah gambut + mikroorganisme asli (10%) + EM4 (10%) + P2000z
A5	tanah gambut + EM4 (15%) + P2000z (15%).

Tabel 2. 10 Hasil Uji Tanah Gambut Initial dan Tanah Gambut yang Dicampur Mikroorganisme

No.	Pengujian	Tanah gambut initial (A)	Tanah gambut + mikroorganisme (setelah 30 hari)				
			A1	A2	A3	A4	A5
1	pH	4.79	5.37	5.66	5.89	6.7	7.2
2	Kadar serat	32.6	23.81	27.27	26.27	19.51	24.44
3	Penurunan (%)	70.85	71.97	48.57	62.00	56.26	64.98
4	Indeks pemampatan (Cc)	3.44	4.81	3.61	3.71	3.62	3.23

(Diolah dari Muslikah, 2011)

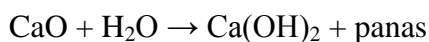
Dalam Balitbangtan (2014) dikatakan bahwa bahan penyusun gambut tropika terdiri atas tumbuhan berkayu atau pohon yang kaya kandungan selulosa dan lignin, sedangkan gambut beriklim sedang terdiri atas tanaman air (sphagnum) yang kandungan selulosa dan ligninnya rendah. Berdasarkan pernyataan tersebut, diketahui bahwa kandungan utama tanah gambut di Indonesia adalah selulosa dan lignin. Kedua senyawa ini memiliki kemampuan terdekomposisi yang berbeda, yaitu senyawa lignin lebih sulit untuk terdekomposisi dibandingkan senyawa selulosa.

2.9. Peran Kapur dalam Proses Dekomposisi

Tingkat pH tanah gambut mempengaruhi jenis mikroorganisme yang mampu beradaptasi dan berkembangbiak. Umumnya mikroorganisme jenis bakteri dekomposer lebih mampu beradaptasi pada lingkungan dengan tingkat pH yang cenderung netral. Balittanah (2006) menyatakan bahwa bakteri lebih menyukai pH netral, sedangkan fungi aktif pada pH masam. Pichan dan O'Kelly (2012) juga menyatakan bahwa dekomposer paling aktif pada kondisi netral hingga sedikit basa ($\text{pH} = 7.0 - 7.5$). Supaya pH tanah gambut dapat meningkat, maka perlu ditambahkan bahan tambahan yang dapat meningkatkan nilai pH seperti kapur.

Kapur merupakan batuan sedimen yang terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3). Berdasarkan SNI 03-4147-1996 kapur sebagai bahan stabilisasi tanah dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu kapur tipe I yang mana memiliki kandungan hydrate alkalinity (Ca(OH)_2) tinggi, dan kapur tipe II yang mana memiliki kandungan kalsium oksida magnesium oksida (CaOMgO) tinggi.

Berdasarkan proses pembuatan bahan kapur yang digunakan sebagai bahan konstruksi, kapur dibedakan menjadi kapur tohor dan kapur padam. Kapur tohor merupakan hasil pembakaran batu kapur alam yang sebagian besar kandungannya adalah kalsium karbonat (CaCO_3) pada suhu di atas 900°C . Hasil pembakaran kapur alam ini adalah CaO yang disebut sebagai kapur tohor dan CO_2 . Sedangkan kapur padam merupakan kapur hasil pemadaman kapur tohor. Pemadaman dilakukan dengan menambahkan air sehingga dihasilkan *hydrate alkalinity* (Ca(OH)_2) dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Karena kapur padam mengandung *hydrate alkalinity* (Ca(OH)_2), maka kapur padam merupakan kapur tipe I dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2.11. Kapur padam yang didiamkan di udara akan mengeras karena mengikat CO_2 di udara membentuk kalsium karbonat (CaCO_3) kembali.

Tabel 2. 11 Persyaratan Kimia Kapur Tipe I

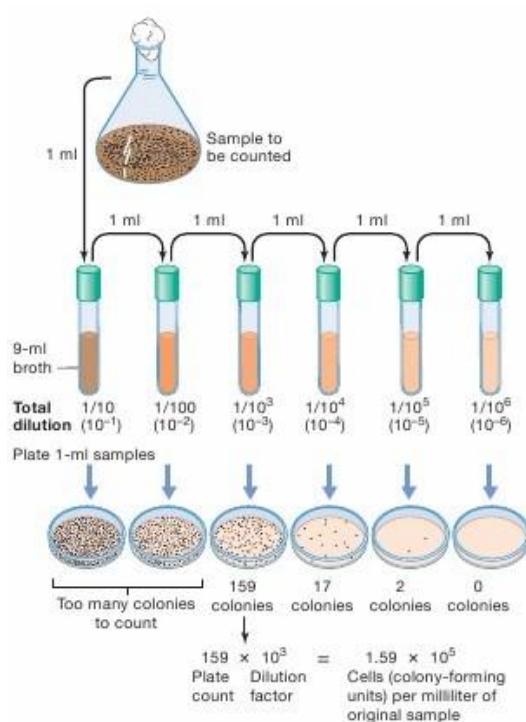
No.	Senyawa	Kelas		
		A	B	C
1	Hydrate Alkalinity $\text{Ca}(\text{OH})_2$	90%	85%	75%
2	Kalsium Oksida Anhidrat (CO)	7%	8%	9%
3	Kadar air bebas	3%	3%	2%

Sumber: SNI 03-4147-1996

2.10. Total Plate Count Sebagai Metode Untuk Menguji Viabilitas Bakteri

Metode Total Plate Count (TPC) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan jumlah mikroorganisme yang masih hidup pada suatu sampel serta dapat mengisolasi dan mengidentifikasi jenis koloni mikroba tersebut. Prinsip pengujian metode TPC adalah menumbuhkan sel mikroorganisme yang masih hidup pada media berbentuk agar sehingga mikroorganisme tersebut berkembang biak dan membentuk koloni. Koloni mikroorganisme yang terbentuk dapat dihitung dengan cara melihat langsung atau menggunakan mikroskop.

Sebelum mikroorganisme ditumbuhkan di dalam media agar, sampel terlebih dahulu diencerkan menggunakan larutan fisiologis. Tujuan pengenceran ini adalah untuk mengurangi jumlah kandungan mikroba yang ada di dalam sampel supaya hasil pengembangbiakan dapat dihitung secara spesifik dan tepat. Tahapan pengenceran dimulai dari pengenceran 10^{-1} dengan cara membuat larutan sampel sebanyak 10ml yang terdiri dari 1ml atau 1 gr sampel dengan 9ml larutan fisiologis. Kemudian diambil 1ml larutan dari campuran larutan tersebut dan dimasukkan ke dalam 9ml larutan fisiologis sehingga didapatkan pengenceran 10^{-2} . Dari pengenceran 10^{-2} diambil 1ml larutan dan dimasukkan ke dalam 9ml larutan fisiologis sehingga diperoleh pengenceran 10^{-3} , dan begitu seterusnya sampai pengenceran mencapai tahap yang diharapkan. Tahap pengenceran ini dapat dilihat melalui ilustrasi pada Gambar 2.23.



Gambar 2. 21 Teknik pengenceran sampel
(Wiguna, A., 2015)

Pada setiap tahap pengenceran dilakukan penanaman mikroba pada media agar di dalam cawan lalu diinkubasi. Setelah masa inkubasi, jumlah koloni masing-masing cawan diamati dan dihitung. Koloni merupakan sekumpulan mikroorganisme yang memiliki kesamaan sifat seperti ukuran koloni, bentuk, kenaikan permukaan, warna, dan sebagainya. Hasil perhitungan koloni kemudian dikalikan dengan faktor pengencer dan dinyatakan dalam satuan Colony Unit From (CFU)/ml atau dapat juga CFU/gram.

Keuntungan dari perhitungan metode TPC adalah dapat mengetahui jenis mikroba yang terkandung dalam sampel dan jumlah mikroba yang dominan. Sedangkan kelemahan metode TPC adalah:

- Memungkinkan terjadinya koloni yang berasal dari satu sel mikroba, seperti pada mikroba yang berpasangan, rantai, atau kelompok sel.
- Memungkinkan adanya jenis mikroba yang tidak dapat tumbuh karena penggunaan jenis media agar, suhu, pH, atau kandungan oksigen selama masa inkubasi.

- c. Memungkinkan ada jenis mikroba tertentu yang tumbuh menyebar di seluruh permukaan media, sehingga menghalangi mikroba lain. Hal ini akan mengakibatkan mikroba lain tersebut tidak terhitung.
- d. Penghitungan dilakukan pada media agar yang jumlah populasi mikrobaanya antara 30 – 300 koloni. Bila jumlah populasi kurang dari 30 koloni akan menghasilkan penghitungan yang kurang teliti secara statistik. Jika lebih dari 300 koloni juga akan menghasilkan kurang teliti karena terjadi persaingan diantara koloni.
- e. Penghitungan populasi mikroba dapat dilakukan setelah masa inkubasi yang umumnya membutuhkan waktu 24 jam atau lebih.

2.11. Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan teknik analisis senyawa organik maupun anorganik berdasarkan getaran atom dari suatu molekul. Dalam penelitian ini FTIR digunakan untuk mengamati senyawa organik dan senyawa mineral lempung yang terkandung di dalam sampel tanah gambut, serta mengamati perubahan kandungan senyawa tersebut sebelum dan setelah sampel distabilisasi. Berdasarkan Stuart (2004), spektrum inframerah diperoleh dengan memancarkan radiasi inframerah melewati sampel dan menentukan fraksi berdasarkan radiasi yang diserap pada energi tertentu. Stuart (2004) juga menyatakan bahwa molekul hanya dapat menyerap radiasi pada frekuensi yang sama pada mode dasar getaran suatu molekul. Ini berarti bahwa sebagian kecil molekul akan bergetar apabila frekuensi alami molekul sama dengan frekuensi sinar inframerah. Sedangkan molekul lain dengan frekuensi alami yang berbeda dengan frekuensi inframerah akan tetap diam.

Hasil pengujian FTIR ditampilkan dalam bentuk sumbu ordinat berupa transmisi dengan nilai terbesar 100% dan sumbu absis berupa bilangan gelombang (*wavenumber*) dalam satuan cm^{-1} . Transmisi menunjukkan besarnya persentase radiasi yang dapat lolos atau tidak diserap oleh molekul pada suatu bilangan gelombang tertentu. Dengan kata lain, nilai transmisi digunakan untuk mengukur intensitas atau konsentrasi ikatan suatu molekul. Apabila nilai transmisi pada

suatu bilangan gelombang menunjukkan nilai puncak pita serapan yang semakin rendah, maka intensitas atau konsentrasi ikatan molekul pada bilangan gelombang tersebut semakin tinggi. Bilangan gelombang (*wavenumber*) secara umum digunakan dalam spektroskopi yang mana merupakan jumlah gelombang dalam 1 cm dan diberikan dalam hubungan sebagai berikut:

$$\bar{\nu} = 1/\lambda \quad (2.5)$$

dengan:

$\bar{\nu}$ = bilangan gelombang (cm^{-1})

λ = panjang gelombang (cm)

Analisis ikatan molekul menggunakan FTIR dibagi menjadi 3 daerah utama berdasarkan spektrum inframerah, yaitu: inframerah jauh (*far-infrared*) dimana bilangan gelombangnya kurang dari 400 cm^{-1} , inframerah menengah (*mid-infrared*) dimana bilangan gelombangnya antara $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$, dan inframerah dekat (*near-infrared*) dimana bilangan gelombangnya antara $13000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$. Analisis hasil FTIR dalam penelitian ini hanya akan membahas mengenai ikatan molekul senyawa organik pada daerah spektrum mid-infrared dan ikatan molekul anorganik mineral lempung pada daerah spectrum far-infrared.

Pada analisis ikatan molekul organik tumbuhan, pita serapan yang menunjukkan keberadaan jenis ikatan karbohidrat tumbuhan ditampilkan dalam Tabel 2.13. Pada dasarnya setiap tipe karbohidrat di dalam sampel tanah gambut memiliki konsentrasi yang berbeda-beda. Sehingga dapat dimungkinkan suatu sampel hanya memiliki satu puncak pita serapan senyawa karbohidrat. Hal ini berarti bahwa senyawa karbohidrat tersebut mendominasi kandungan organik sampel.

Tabel 2. 12 Spektrum Mid-infrared Ikatan Penyusun Tumbuhan (Stuart, 2004)

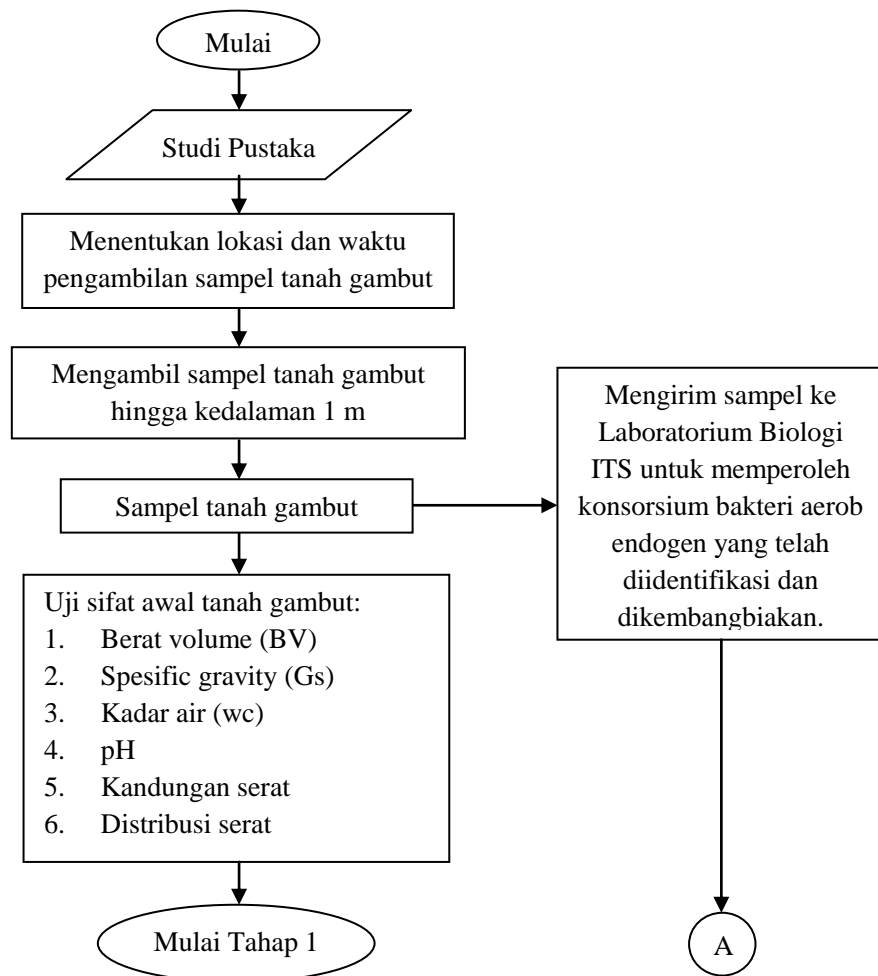
Tipe karbohidrat	Wavenumber (cm^{-1})
Selulosa	1170-1150, 1050, 1030
Lignin	1590, 1510
Hemiselulosa	1732, 1240
Pectin	1680 - 1600, 1260, 955

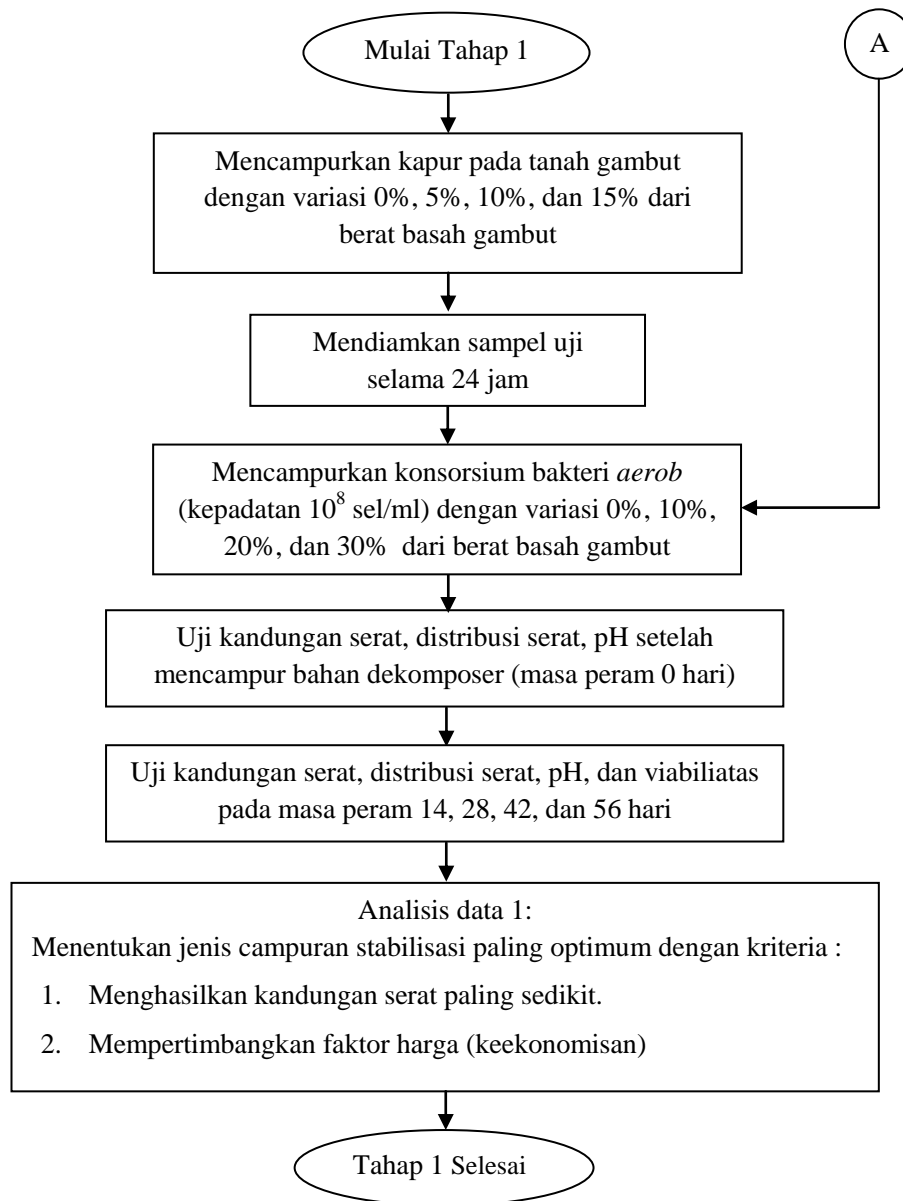
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

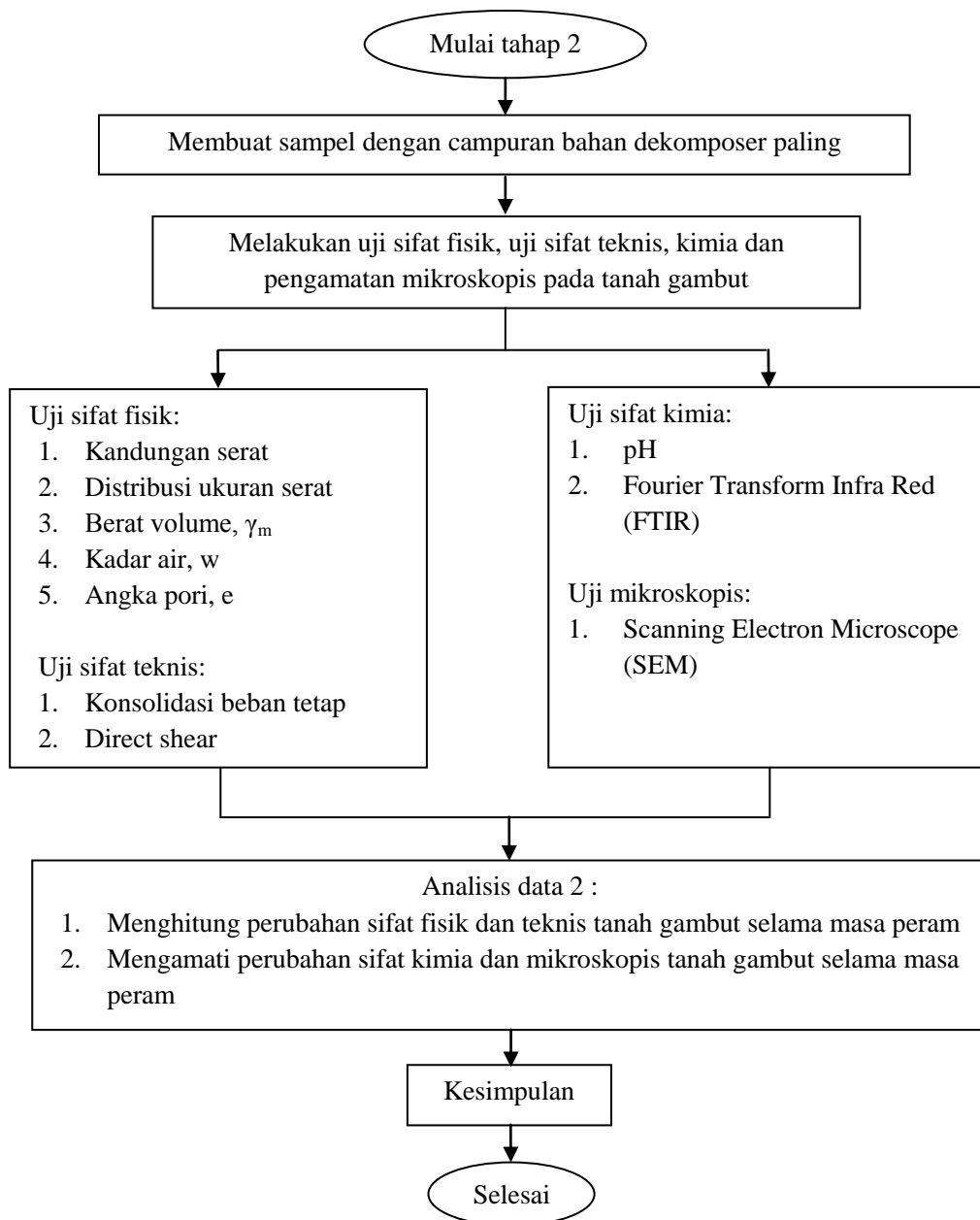
3.1. Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian dijelaskan secara singkat dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2. Secara garis besar, kegiatan penelitian dilakukan dalam 2 tahap. Pada tahap pertama, kegiatan penelitian bertujuan untuk memperoleh campuran bahan dekomposer paling optimum yang memiliki laju dekomposisi serat tanah gambut paling maksimum. Kemudian pada tahap 2, rangkaian pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan dekomposer optimum yang diperoleh dari tahap 1 terhadap sifat fisik, teknis, kimia, dan mikroskopis tanah gambut. Uraian lebih rinci mengenai kegiatan penelitian diulas pada Sub bab 3.2 dan Sub bab 3.3.





Gambar 3. 1 Diagram alir kegiatan penelitian pada tahap 1



Gambar 3. 2 Diagram alir kegiatan penelitian tahap 2

3.2. Cara Memperoleh Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah gambut berserat, larutan konsorsium bakteri aerob endogen, dan kapur. Cara untuk memperoleh ketiga bahan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Tanah gambut berserat

Sampel tanah gambut berserat yang diteliti diambil dalam dari desa Bereng Bengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah pada tanggal 20 Mei 2017. Tanah gambut yang digunakan adalah tanah gambut terganggu (*disturb*). Contoh tanah gambut terganggu adalah tanah yang strukturnya telah rusak atau tidak sesuai dengan kondisi aslinya tetapi kadar airnya dijaga tetap konstan. Pengambilan contoh tanah untuk memperoleh kondisi ini tidak memerlukan suatu metode khusus dan dilakukan dengan menggunakan cangkul kemudian dimasukkan dalam kantong plastik besar dan diikat rapat. Contoh tanah diambil pada kedalaman 0.5 – 1 m.

2. Larutan konsorsium bakteri aerob endogen

Bakteri aerob yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari contoh tanah gambut terganggu (endogen). Proses pengambilan, identifikasi, dan pengembangbiakan bakteri *aerob* endogen tersebut dilakukan di Laboratorium Biologi, Institut Teknologi Sepuluh November. Proses tersebut menghasilkan bakteri *isolate* yang siap digunakan untuk proses percepatan dekomposisi sampel tanah gambut di Laboratorium Mekanika Tanah, Institut Teknologi Sepuluh November. Dalam proses identifikasi akan diambil 3 jenis bakteri *aerob* yang dominan dengan dimensi ukuran bakteri terbesar. Bakteri *aerob* dominan dan berukuran besar mengindikasikan bahwa bakteri tersebut mampu beradaptasi dengan baik dalam kondisi lingkungan tanah gambut. Bakteri *aerob* yang telah diidentifikasi akan dikembangbiakkan hingga mencapai kepadatan tertentu. Kepadatan bakteri *aerob* isolat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1×10^8 Colony Forming Units (CFU)/ml. Kepadatan awal bakteri tersebut diukur menggunakan alat Spektrofotometer dengan panjang gelombang 600nm.

3. Kapur

Kapur yang digunakan adalah kapur padam (*hydrated lime*) yang dijual bebas di toko yang memiliki kandungan kimia seperti yang tertera pada Tabel 2.11.

3.3. Prosedur Pembuatan dan Pengujian Sampel

Prosedur penelitian yang dilakukan dijelaskan secara lebih rinci dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengujian sifat awal tanah gambut

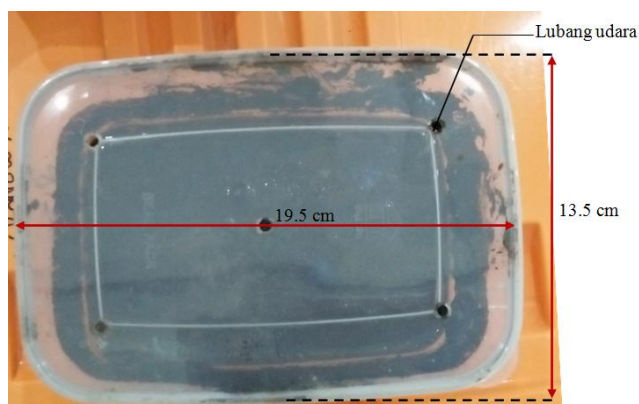
Prosedur pengujian sifat awal tanah gambut yang dilakukan mengacu pada referensi dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Standar Pengujian Sifat Fisik yang Digunakan

No.	Jenis pengujian	Referensi
1	Specific gravity, Gs	Peat testing Manual (1979)
2	Kadar air, w (%)	ASTM D 2947 – 87
3	Kandungan serat	Metode <i>unrubbed</i> dalam Peat Testing Manual, 1979
4	Distribusi ukuran serat	Metode <i>dry analysis</i> dalam Peat testing Manual (1979)
5	Berat volume, γ	Peat testing Manual (1979)

2. Persiapan sampel uji tahap 1

Pada tahap 1 sampel tanah gambut disiapkan dalam wadah dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi sebesar 19.5 x 13.5 x 18 cm dengan 5 buah lubang udara pada bagian tutupnya seperti pada Gambar 3.3. Pemberian lubang udara pada tutup bawah bertujuan agar sampel tidak mengalami penguapan berlebih dan memberikan akses udara untuk mengalir di dalam wadah supaya sampel dalam kondisi *aerob*.



Gambar 3. 3 Contoh persiapan sampel uji tahap 1

Bahan dekomposer pengujian tahap 1 berupa dekomposer *aerob* dan kapur disiapkan sesuai proporsi campuran pada Tabel 3.2. Setiap variasi campuran bahan dekomposer pada tahap 1 dipersiapkan di dalam 5 buah wadah. Setiap wadah sampel digunakan untuk pengujian distribusi serat dan kadar serat dengan masa peram yang sama. Sehingga setiap wadah sampel akan digunakan pada masa peram 0, 14, 28, 42, dan 56 hari. Jumlah benda uji yang digunakan untuk mewakili data setiap pengujian kandungan serat dan distribusi serat adalah 3 buah benda uji.

Tabel 3. 2 Penomoran dan Variasi Sampel

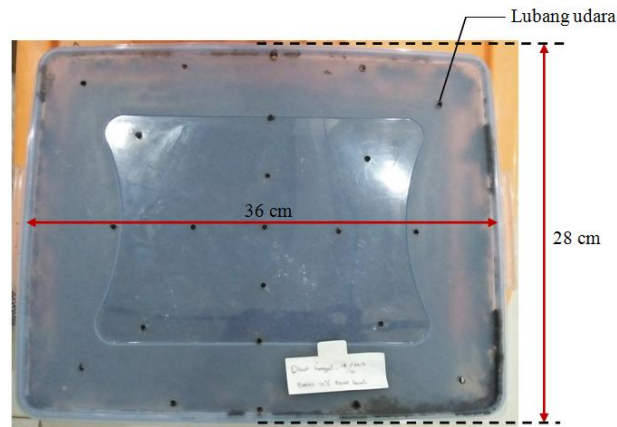
Kode	Proporsi Campuran	
	Kapur (% Berat Gambut)	Bakteri Dekomposer Aerob (% Berat Gambut)
A1	0	0
A2	5	0
A3	10	0
A4	15	0
B1	0	10
B2	5	10
B3	10	10
B4	15	10
C1	0	20
C2	5	20
C3	10	20
C4	15	20
D1	0	30
D2	5	30
D3	10	30
D4	15	30

3. Pencampuran bahan dekomposer dengan tanah gambut tahap 1

Pencampuran bahan dekomposer larutan konsorsium bakteri dekomposer aerob dan kapur dilakukan secara tidak bersamaan. Pertama kali, sampel tanah gambut berserat yang telah disiapkan dicampur dengan kapur hingga tercampur rata. Kemudian sampel tersebut didiamkan pada suhu ruangan selama 1 hari dalam kondisi wadah tertutup untuk memberi waktu terjadinya reaksi kimia antara kapur dan tanah gambut. Setelah 1 hari, larutan

konsorsium bakteri aerob endogen dicampurkan secara merata ke dalam sampel. Setelah itu sampel didiamkan pada suhu ruangan hingga masa peram yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk memudahkan proses identifikasi sampel, maka dilakukan pengkodean pada setiap wadah sampel sesuai variasi sampel seperti pada Tabel 3.2.

4. Pengujian kandungan serat, distribusi serat, dan viabilitas tahap 1
Pengujian kandungan serat dan distribusi dilakukan dengan prosedur seperti dalam Tabel 3.2. Sedangkan pengujian viabilitas dilakukan dengan metode Total Plate Count (TPC) dan dilakukan di Laboratorium Biologi ITS. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah bakteri dekomposer aerob di dalam sampel dapat bertahan hidup atau tidak. Pengujian kandungan serat, distribusi serat dilakukan pada hari pencampuran bahan dekomposer (hari ke-0) serta pada hari ke-14, 28, 42, dan 56. Sedangkan pengujian viabilitas dilakukan pada hari ke-14, 28, 42, dan 56.
5. Penentuan jenis campuran bahan dekomposer paling optimum (Analisis 1)
Campuran bahan dekomposer paling optimum ditentukan dengan mengolah data hasil pengujian kandungan serat menjadi laju dekomposisi. Laju dekomposisi yang dimaksud dihitung dengan membagi jumlah penurunan kandungan serat terhadap interval masa peram sampel. Bahan dekomposer paling optimum ditentukan dengan cara mempertimbangkan laju dekomposisi paling maksimum dan kebutuhan bahan dekomposer paling sedikit (lebih ekonomis) untuk mencapai laju maksimum. 6.
6. Persiapan sampel uji tahap 2
Sampel uji yang digunakan dalam tahap 2 dibuat menggunakan bahan dekomposer paling optimum dari langkah 6 dan tanah gambut. Pada tahap ini seluruh sampel pengujian disiapkan dalam satu wadah. Ukuran wadah yang digunakan adalah 36 x 28 x 7 dengan 23 lubang udara pada bagian tutupnya seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Contoh persiapan sampel uji tahap 2

7. Pengujian viabilitas bakteri tahap 2

Pengujian viabilitas bakteri dilakukan dengan metode TPC di Laboratorium Biologi ITS pada amsa peram 14, 28, dan 42 hari.

8. Pengujian Sifat fisik dan teknis

Pengujian sifat fisik, teknis, kimia dan mikroskopis dilakukan dilakukan pada sampel gambut berserat dengan kondisi tanpa maupun dengan perlakuan. Pengujian sampel dengan perlakuan penambahan bahan dekomposer dilakukan pada masa peram 0, 14, 28, dan 42 hari. Pengujian sifat fisik yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh parameter tanah berupa berat volume, kadar air, kandungan serat, laju dekomposisi, pH, dan angka pori. Prosedur yang digunakan dalam pengujian ini mengacu referensi yang ada di dalam Tabel 3.2.

Pengujian sifat teknis dilakukan adalah uji kondolidasi beban tetap 50kPa selama 7 hari dan uji *direct shear*. Parameter yang dihitung dari pengujian sifat teknis adalah faktor pemampatan primer, faktor pemampatan sekunder, faktor redaman, faktor laju pemampatan, kohesi, dan sudut geser dalam. Pengujian *direct shear* mengacu pada ASTM D3080-98. Jumlah sampel yang diuji untuk mewakili data pengujian konsolidasi dan *direct shear* adalah sebanyak 3 buah sampel.

9. Pengujian sifat kimia dan mikroskopis

Pengujian sifat kimia dilakukan dengan Fourier Transform Infra Red (FTIR). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perubahan konsentrasi ikatan molekul yang terbentuk dan terputus melalui pita puncak serapan. Sedangkan pengujian mikroskopis dilakukan dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dengan tujuan untuk mengamati struktur permukaan sampel gambut secara mikroskopis. Pengujian FTIR dan SEM dilakukan di Laboratorium Material dan Metalurgi Institute Teknologi Sepuluh November.

10. Analisis hasil pengujian tahap 2

Analisis hasil pengujian tahap 2 bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan decomposer paling optimum dalam mempercepat proses dekomposisi terhadap perilaku sifat fisik, teknis, kimia, maupun mikroskopis sampel uji.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa secara garis besar, penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama yaitu mencari komposisi campuran bahan dekomposer yang bekerja paling optimum dalam mendekomposisi serat tanah gambut. Untuk mencapai tujuan pada Tahap 1, dilakukan analisis mengenai perilaku perubahan kadar serat, laju dekomposisi, distribusi serat, pH, dan viabilitas bakteri pada setiap variasi sampel tanah gambut. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tahap 1, dibuat sampel yang dicampur dengan bahan dekomposer yang optimum dan kemudian diperam dengan periode yang berbeda untuk mengetahui pengaruh masa peram terhadap perilaku sifat fisik, teknis, kimia, dan mikroskopis tanah gambut berserat.

4.1. Sifat Awal Tanah Gambut Berserat yang Distudi

Data hasil pengujian sifat awal tanah gambut yang diteliti (Tabel 4.1) menunjukkan bahwa semua nilainya masih berada dalam rentang nilai yang diberikan Tabel 2.3. Berdasarkan Tabel 4.1, tanah gambut yang diteliti diklasifikasikan sebagai tanah gambut *sapric* berdasarkan derajat dekomposisinya, *highly acidic* berdasarkan nilai pH dan *moderately absorbent* berdasarkan daya penyerapan airnya. Jadi, tanah gambut berserat yang distudi dapat diklasifikasikan sebagai tanah gambut (*sapric*) dengan pH rendah.

Perilaku kandungan serat tanah gambut ketika mengalami proses dekomposisi selama masa pemeraman ditampilkan dalam Tabel 4.2 dan diplot ke dalam Gambar 4.1. Berdasarkan tersebut, kandungan serat tanah gambut awal secara umum mengalami penurunan dengan bertambahnya masa peram. Namun, penurunan setiap sampel tanah gambut tidak selalu menghasilkan kandungan serat yang sama. Sebagai contoh terjadinya peningkatan kandungan serat saat masa peram 28 sampai 49 hari pada sampel 1. Peningkatan kandungan serat dengan bertambahnya masa peram seolah merupakan hal yang tidak wajar. Namun, hal ini mungkin saja terjadi bila mengingat bahwa tanah gambut berasal dari fragmen-

fragmen tumbuhan yang terdekomposisi. Fragmen-fragmen tersebut dapat berupa daun, batang, maupun akar tumbuhan yang mana memiliki kemampuan berbeda untuk terdekomposisi. Sedangkan, sampel tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini sangat banyak mengandung serpihan pelapukan kayu yang mana secara alami sulit terdekomposisi.

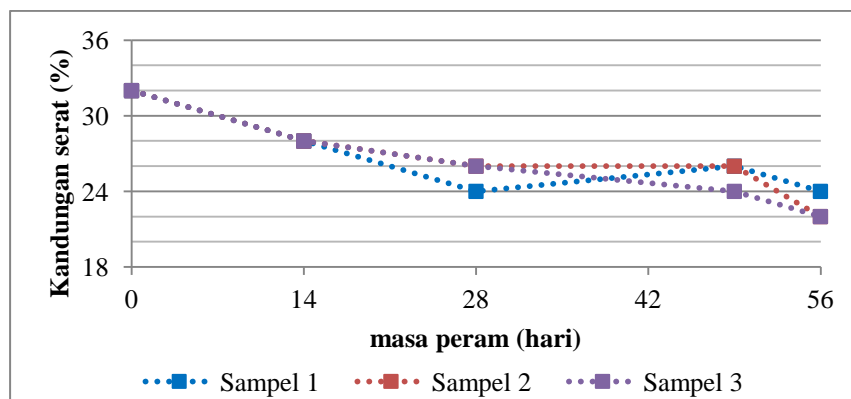
Tabel 4. 1 Sifat Awal Tanah Gambut Berserat

Sifat Fisik	Nilai
Berat volume (BV)	1.036 gr/cm ³
Spesific gravity (G _s)	1.311
Kadar air (w _c)	614%
pH	3.2
Kadar serat	32%
Distribusi serat:	
- Serat kasar	12%
- Serat medium	38%
- Serat halus	50%

Sumber: hasil pengujian.

Tabel 4. 2 Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Tanah Gambut Inisial

No. Sampel	% Kandungan Serat Hari ke-				
	0	14	28	49	56
Sampel 1	32	28	24	26	24
Sampel 2	32	28	26	26	22
Sampel 3	32	28	26	24	22



Gambar 4. 1 Pengaruh masa peram terhadap kandungan serat tanah gambut inisial

4.2. Viabilitas Bakteri Selama Masa Peram

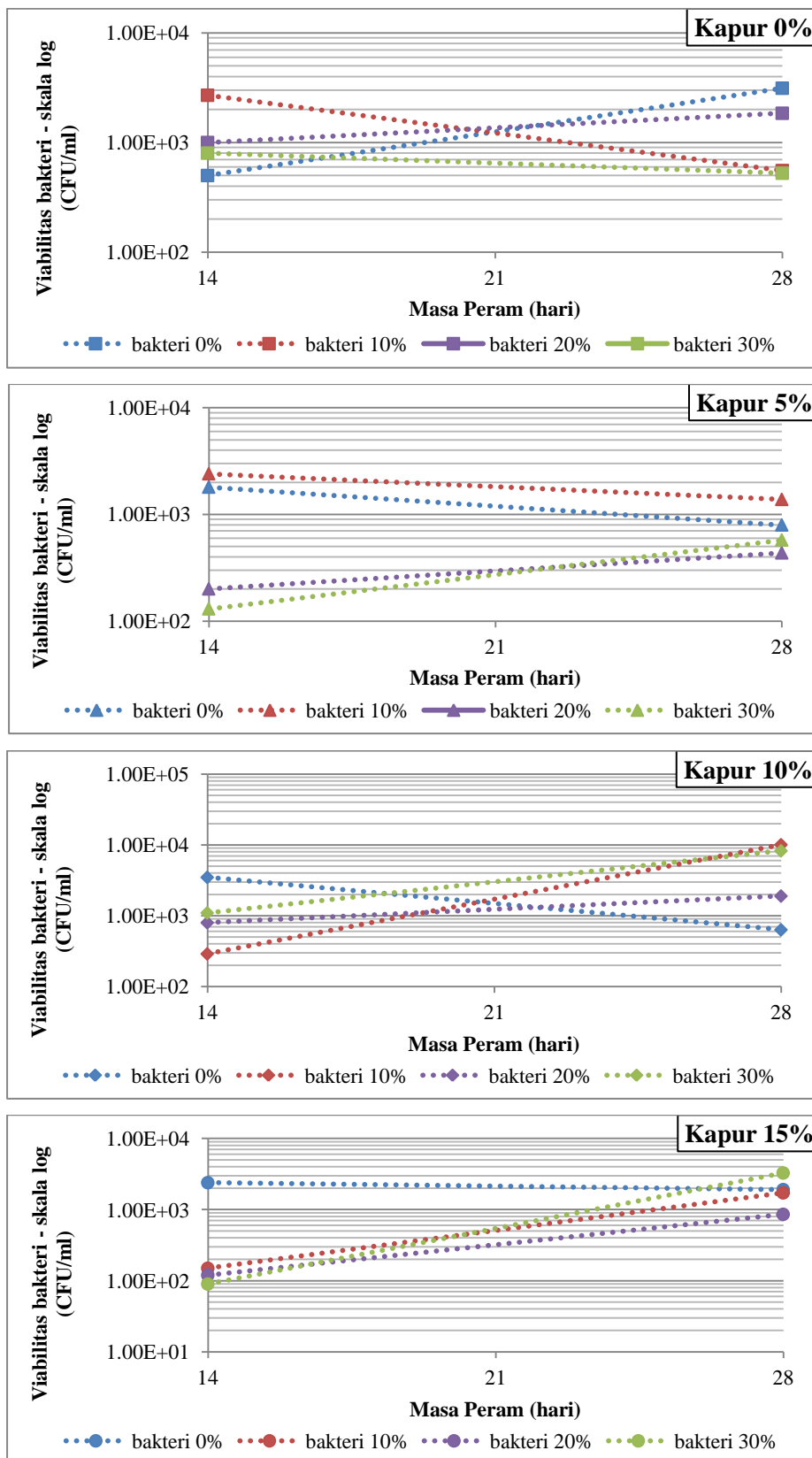
Berdasarkan hasil spektrofotometer, kepadatan bakteri dalam larutan yang digunakan dalam tahap 1 adalah sebanyak 4.8×10^8 sel/ml. Pengujian viabilitas bakteri pada masa peram dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dekomposer aerob untuk hidup di dalam sampel tanah gambut atau disebut juga viabilitas bakteri. Nilai viabilitas dalam studi ini dinyatakan dengan satuan Colony Unit From (CFU)/ml. Viabilitas bakteri di dalam setiap campuran sampel selama masa peram ditampilkan dalam Tabel 4.3 dan diplot pada Gambar 4.2.

Tabel 4. 3 Viabilitas Bakteri Selama Masa Peram

Bahan dekomposer		Viabilitas Bakteri (CFU/ml) Hari ke-	
%Kapur	%Bakteri	14	28
0	0	5.00E+02	3.13E+03
	10	2.70E+03	5.55E+02
	20	1.00E+03	1.85E+03
	30	8.00E+02	5.25E+02
5	0	1.80E+03	7.95E+02
	10	2.40E+03	1.38E+03
	20	2.00E+02	4.35E+02
	30	1.30E+02	5.75E+02
10	0	3.50E+03	6.35E+02
	10	2.90E+02	1.01E+04
	20	8.00E+02	1.91E+03
	30	1.10E+03	8.29E+03
15	0	2.40E+03	1.92E+03
	10	1.50E+02	1.73E+03
	20	1.20E+02	8.60E+02
	30	9.00E+01	3.28E+03

Sumber: hasil pengujian oleh Laboratorium Biologi ITS

Berdasarkan Gambar 4.2, hasil uji viabilitas metode TPC yang dilakukan saat masa peram 14 dan 28 hari menunjukkan adanya koloni bakteri aerob yang hidup di dalam setiap campuran sampel. Hanya saja, grafik-grafik viabilitas bakteri aerob dalam Gambar 4.2 tidak menunjukkan suatu pola yang sama. Hal ini dikarenakan pengujian viabilitas metode TPC memiliki beberapa kelemahan seperti yang telah dijelaskan pada Subbab 2.10.

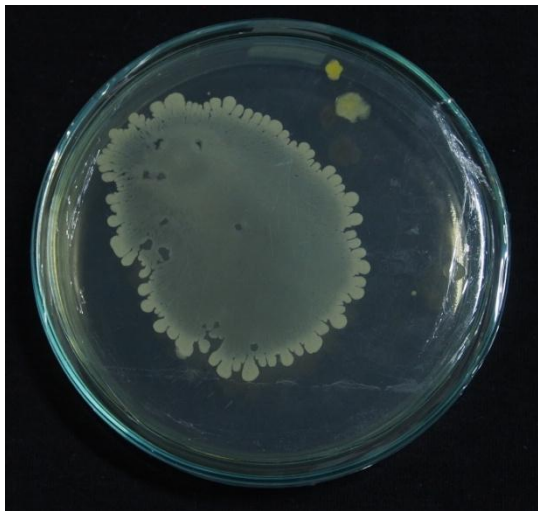


Gambar 4. 2 Pengaruh masa peram terhadap laju dekomposisi sampel dengan penambahan variasi bakteri dan kapur 0%

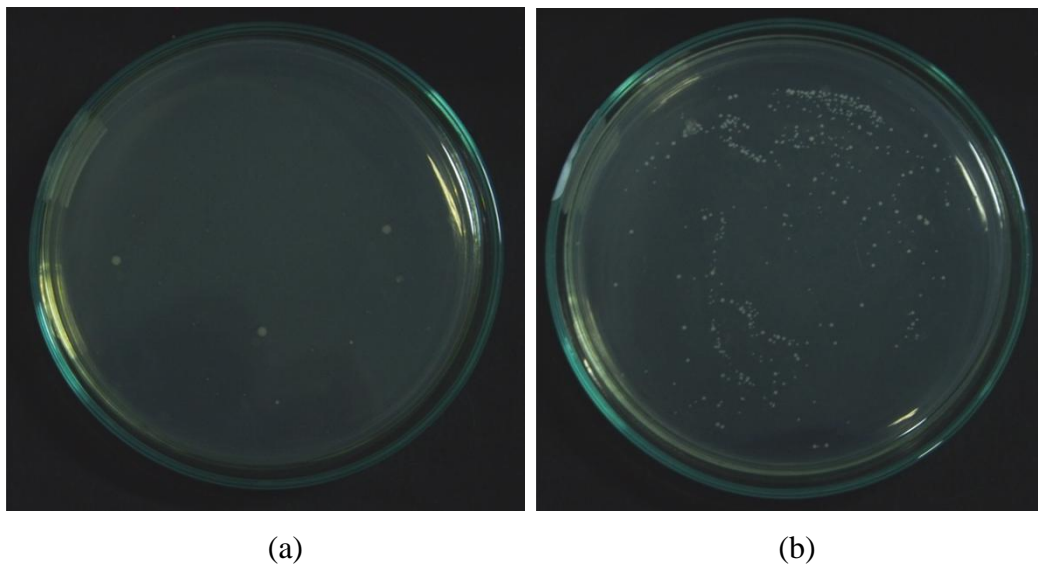
Kelemahan pengujian TPC dalam menghasilkan data yang akurat seperti yang telah dibahas dalam Subbab 2.10 ditemukan dalam penelitian ini. Beberapa temuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Terdapat jenis mikroba yang tumbuh menyebar sehingga mikroba lain terhalangi dan tidak dapat terhitung (Gambar 4.3)
2. Terdapat populasi mikroba yang jumlahnya kurang dari 30 dan lebih dari 300 sehingga menghasilkan penghitungan yang kurang teliti secara statistik. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.4(a) dan Gambar 4.4(b)

Dengan beberapa kelemahan tersebut, maka informasi viabilitas bakteri dekomposer aerob pada masa peram 14 dan 28 hari dianggap telah cukup untuk menyatakan bahwa bakteri dekomposer aerob mampu hidup di dalam setiap variasi campuran sampel. Dengan anggapan tersebut, maka pengujian TPC tidak dilakukan pada masa peram berikutnya.



Gambar 4. 3 Hasil uji TPC sampel dengan mikroba yang tumbuh menyebar dan menutupi mikroba lainnya



Gambar 4. 4 Hasil perhitungan TPC pada sampel yang memiliki jumlah populasi: (a) kurang dari 30 koloni dan (b) lebih dari 300 koloni

4.3. Pengaruh Masa Peram Terhadap pH Sampel

Hasil pengujian pH setiap variasi sampel selama masa peram ditampilkan pada Tabel 4.4. Perubahan nilai pH tidak dapat diamati pada sampel yang menggunakan bahan dekomposer kapur. Hal ini dikarenakan seluruh variasi jumlah penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ternyata menyebabkan pH tanah melebihi skala maksimum alat ukur pH tanah yang digunakan yaitu lebih besar dari 8. Dengan demikian, perubahan nilai pH selama masa peram hanya dapat diamati pada sampel tanpa penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang ditampilkan dalam Gambar 4.5.

Pada pembahasan berikutnya, larutan yang berisi konsorsium bakteri dekomposer aerob yang ditambahkan ke dalam sampel akan disebut sebagai larutan bakteri. Dalam Gambar 4.5 penambahan larutan bakteri ke dalam tanah gambut (masa peram 0 hari) menyebabkan nilai pH sampel meningkat dari nilai pH awal 3.2 (Tabel 4.1) menjadi 4.9, 5, dan 4.8 pada sampel dengan penambahan bakteri sebanyak 10%, 20%, dan 30%. Kemudian, saat pemeraman mencapai 14 hari nilai pH setiap variasi campuran sampel turun atau sampel bersifat lebih asam daripada sebelum dilakukan pemeraman. Penurunan nilai pH sampel dengan

penambahan larutan bakteri 10%, 20%, dan 30% lebih signifikan dibandingkan sampel tanpa penambahan larutan bakteri.

Tabel 4. 4 Pengaruh Masa Peram Terhadap Nilai pH pada Sample

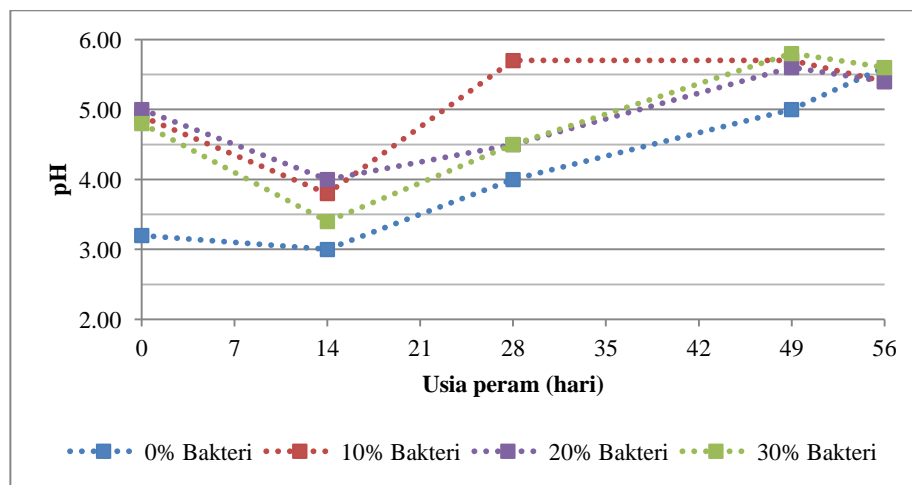
Bahan dekomposer		pH Hari ke-				
%Kapur	%Bakteri	0	14	28	49	56
0	0	3.20	3.00	4.00	5.00	5.60
	10	4.9	3.8	5.7	5.7	5.4
	20	5	4	4.5	5.6	5.4
	30	4.8	3.4	4.5	5.8	5.6
5	0	> 8	>8	>8	>8	>8
	10	> 8	>8	>8	>8	>8
	20	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
	30	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
10	0	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
	10	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
	20	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
	30	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
15	0	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
	10	> 8	> 8	> 8	> 8	> 8
	20	> 8	>8	> 8	> 8	> 8
	30	> 8	>8	> 8	> 8	> 8

Sumber: hasil pengujian

Penyebab turunnya nilai pH selama masa peram mencapai 14 hari adalah terbentuknya asam karbonat (H_2CO_3) akibat gas CO_2 hasil aktivitas metabolisme bakteri dekomposer aerob larut di dalam air (H_2O). Produksi gas CO_2 oleh metabolisme bakteri dekomposer aerob telah dijelaskan sebelumnya dalam Subbab 2.8. Apabila jumlah gas CO_2 hasil aktivitas metabolisme bakteri aerob yang terlarut lebih besar daripada yang terlepas ke udara, maka nilai pH sampel akan menjadi turun dan sampel tanah gambut bersifat lebih asam.

Kemudian, pada masa peram 14 sampai 49 hari nilai pH cenderung meningkat sehingga sifat keasaman sampel berubah menjadi lebih netral. Hal ini mungkin terjadi karena aktivitas metabolisme bakteri menurun sehingga jumlah gas CO_2 yang terlarut di dalam air dari hasil aktivitas metabolisme bakteri aerob menjadi lebih sedikit dibandingkan gas CO_2 yang terlepas ke udara sehingga kadar asam karbonat di dalam sampel juga menurun. Penurunan aktivitas metabolisme bakteri mungkin terjadi karena ketersediaan nutrisi di dalam sampel

yang dibutuhkan bakteri untuk metabolisme tubuhnya juga menurun. Dengan menghubungkan pengaruh masa peram terhadap perubahan nilai pH pada Gambar 4.5, maka dapat disimpulkan bahwa nilai pH akan menurun hingga mencapai masa peram 14 hari akibat peningkatan aktivitas metabolisme mikroorganisme dan kemudian nilai pH akan meningkat pada masa peram berikutnya akibat penurunan aktivitas mikroorganisme.



Gambar 4. 5 Pengaruh masa peram terhadap nilai pH sampel tanpa penambahan kapur

4.4. Pengaruh Penambahan Kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Terhadap Kandungan Serat

Pengaruh penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap kandungan serat setiap variasi campuran sampel disajikan dalam Tabel 4.5. Pada masa peram 0 hari, seluruh sampel dengan penambahan kapur 0% memiliki kandungan serat yang cenderung sama, yaitu antara 32% sampai 33%. Pada sampel ini, pengaruh penambahan kapur terhadap kandungan serat masih belum dapat diamati. Pengaruh penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap kandungan serat mulai diamati pada sampel dengan penambahan jumlah kapur sebanyak 5%. Penambahan kapur sebanyak 5% menyebabkan seluruh sampel mengalami penurunan kandungan serat. Hal ini terjadi karena kapur yang bercampur dengan tanah gambut akan menggantikan sebagian volume serat di dalam benda uji sehingga menurunkan konsentrasi serat di dalam sampel uji. Kemudian, kapur yang berada di dalam

sampel uji tersebut terbilas dan lolos dari saringan saat proses pengujian kandungan serat.

Tabel 4. 5 Pengaruh Penambahan Kapur Ca(OH)_2 Terhadap Kandungan Serat

Bahan dekomposer (%)		% Kandungan Serat Hari ke-				
% Bakteri	% Kapur	0	14	28	49	56
0	0	32	28	25	25	23
	5	24	20	22	20	19
	10	25	24	19	15	14
	15	27	19	19	15	16
10	0	33	24	28	21	20
	5	28	23	19	19	16
	10	24	20	18	18	16
	15	21	18	20	20	18
20	0	33	24	24	22	20
	5	31	23	20	20	19
	10	28	20	20	18	17
	15	23	19	18	19	17
30	0	32	24	27	20	17
	5	27	20	20	20	20
	10	35	19	19	17	16
	15	27	20	23	18	18

Sumber: hasil pengujian

Pada sampel tanpa penambahan larutan bakteri, dengan meningkatnya jumlah penambahan kapur (yaitu 10% dan 15%) nilai kandungan serat semakin meningkat. Hal ini dikarenakan selain membentuk gumpalan-gumpalan, reaksi kapur dengan air juga menghasilkan panas sehingga terjadi penguapan dan sampel menjadi semakin kering. Dengan kondisi tersebut kemungkinan gumpalan-gumpalan kapur yang terbentuk menjadi semakin keras dan tidak mudah lolos ayakan saat proses pengujian kandungan serat. Kondisi semakin mengeringnya sampel akibat reaksi antara kapur dan air di dalam sampel dapat diamati pada Gambar 4.7.

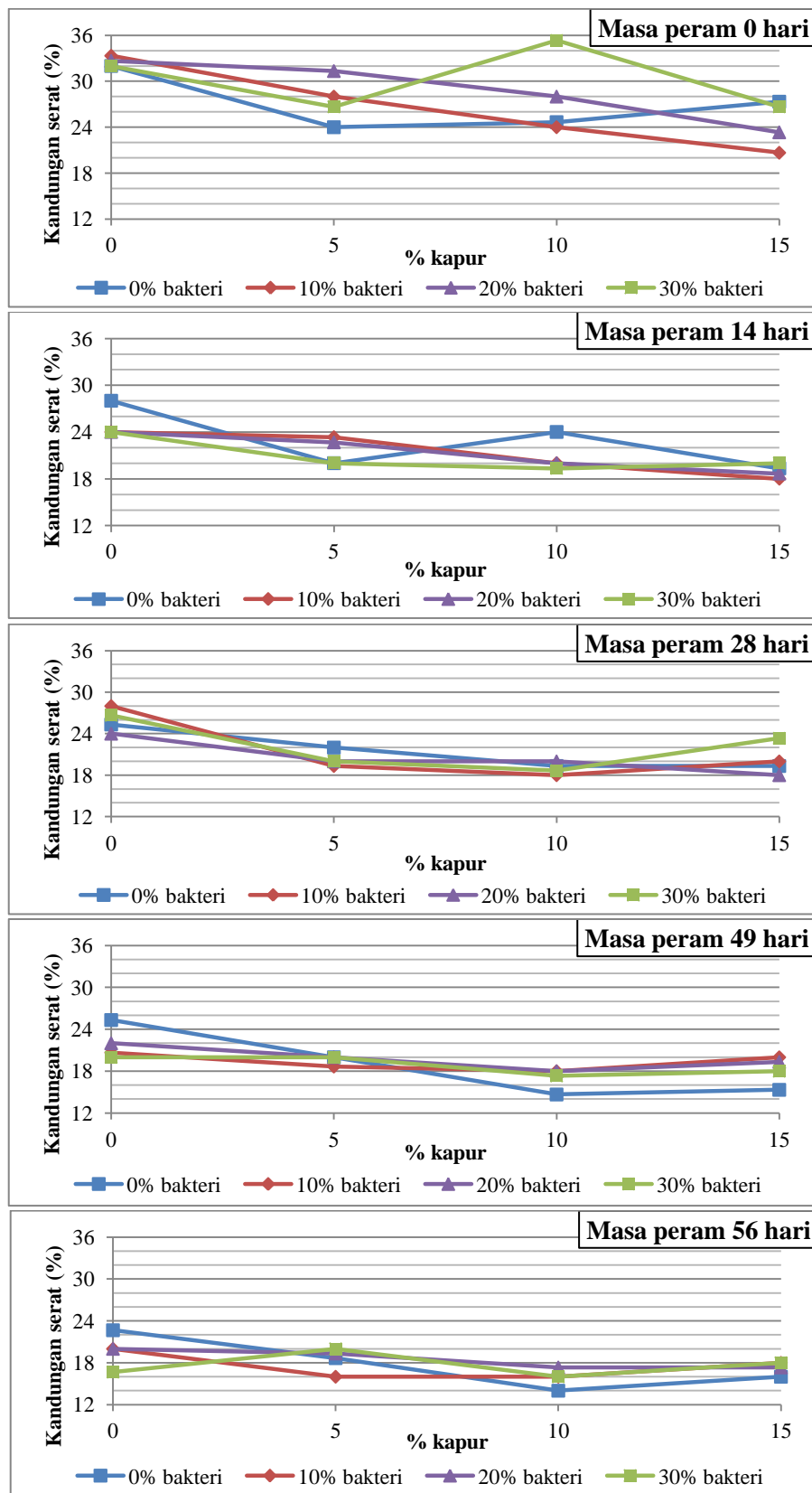
Pada sampel dengan penambahan larutan bakteri sebanyak 10% dan 20%, peningkatan jumlah kapur menghasilkan kandungan serat yang semakin sedikit. Hal ini dikarenakan penambahan larutan bakteri membuat kandungan air sampel lebih tinggi dari sampel tanpa penambahan larutan bakteri sehingga sampel tetap basah meskipun terjadi reaksi antara kapur dan air di dalam sampel. Hal ini

menyebabkan gumpalan-gumpalan kapur tidak menjadi keras dan mudah lolos ayakan saat proses pengujian kandungan serat.

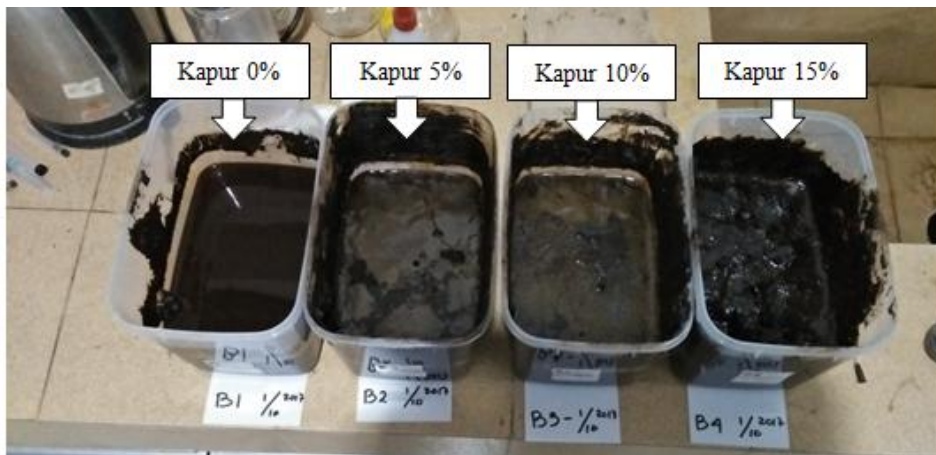
Pada sampel dengan penambahan larutan bakteri 30%, pengaruh penambahan kapur sulit untuk diamati karena sampel dengan penambahan kapur 10% memiliki kandungan serat yang lebih tinggi dari sampel inisial (tanpa penambahan bahan dekomposer). Seperti yang telah dibahas dalam Subbab 4.1 bahwa hal ini mungkin terjadi karena sampel yang digunakan untuk pengujian kandungan serat merupakan tanah gambut yang mengandung banyak serpihan pelapukan kayu sehingga memiliki kandungan serat yang lebih tinggi.

Pada masa peram 14 sampai 56 hari, secara garis besar pengaruh penambahan kapur terhadap kandungan serat menunjukkan kecenderungan yang sama pada semua sampel selama masa pemeraman, yaitu penambahan kapur sebanyak 5% menyebabkan kandungan serat lebih rendah daripada sampel dengan penambahan kapur sebanyak 0%. Kemudian dengan meningkatnya jumlah penambahan kapur sebanyak 10%, kandungan serat cenderung lebih rendah dari sampel dengan kapur 5%. Nilai kandungan serat pada sampel dengan penambahan kapur 10% selama masa peram berbeda dengan sebelum dilakukan pemeraman. Hal ini mungkin terjadi karena adanya pengaruh dekomposisi yang mengakibatkan serat-serat terurai sehingga volume serat menurun.

Pada peningkatan jumlah kapur menjadi 15%, jumlah kandungan serat meningkat dibandingkan penambahan kapur 10%. Dengan jumlah kapur yang lebih besar, maka gumpalan kapur yang tertahan ayakan pun akan semakin banyak. Selain itu, gas CO_2 yang dihasilkan dari proses dekomposisi menggunakan bakteri aerob akan berikatan dengan kapur Ca(OH)_2 membentuk CaCO_3 yang bersifat solid yang tidak mudah terbilas air dan lolos ayakan saat proses pengujian kandungan serat. Hasil pengujian kandungan serat ini dapat dikatakan sebagai nilai yang semu karena volume yang tertahan pada ayakan mungkin saja semakin didominasi oleh senyawa kapur dengan meningkatnya jumlah penambahan kapur. Oleh karena itu, perlu perilaku kandungan serat nantinya akan dianalisis lebih mendalam dalam bentuk laju dekomposisi.



Gambar 4. 6 Pengaruh penambahan kapur Ca(OH)_2 terhadap kadungan serat pada variasi masa peram



Gambar 4. 7 Pengaruh peningkatan penambahan kapur Ca(OH)_2 terhadap kekeringan sampel dengan larutan bakteri 10%

4.5. Pengaruh Penambahan Larutan Bakteri Terhadap Kandungan Serat

Pengaruh penambahan kapur larutan bakteri terhadap kandungan serat setiap variasi campuran sampel disajikan dalam Tabel 4.6 kemudian diplot dalam Gambar 4.8. Pada masa peram 0 hari dalam gambar tersebut, peningkatan jumlah larutan bakteri pada sampel tanpa penambahan kapur cenderung tidak mempengaruhi nilai kandungan serat karena kandungan air pada sampel telah terserap oleh kertas tisu yang digunakan untuk menyiapkan sampel saat proses pengujian. Sedangkan, pada sampel dengan penambahan kapur, nilai kandungan serat semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah penambahan larutan bakteri. Hal ini dikarenakan meningkatnya jumlah larutan bakteri membuat kandungan kandungan CO_2 hasil metabolisme bakteri decomposer aerob berikatan dengan kapur Ca(OH)_2 menjadi kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk gumpalan dan menghasilkan kandungan serat semu.

Pada saat masa peram 14 sampai 56 hari, peningkatan jumlah penambahan larutan bakteri menjadi 10% terhadap sampel dengan penambahan kapur 0% menghasilkan kandungan serat yang cenderung menurun. Hal ini menunjukkan adanya proses dekomposisi yang lebih cepat pada sampel yang ditambahi larutan bakteri. Nilai kandungan serat ini cenderung tidak berubah dengan adanya peningkatan jumlah penambahan larutan bakteri sebanyak 20%

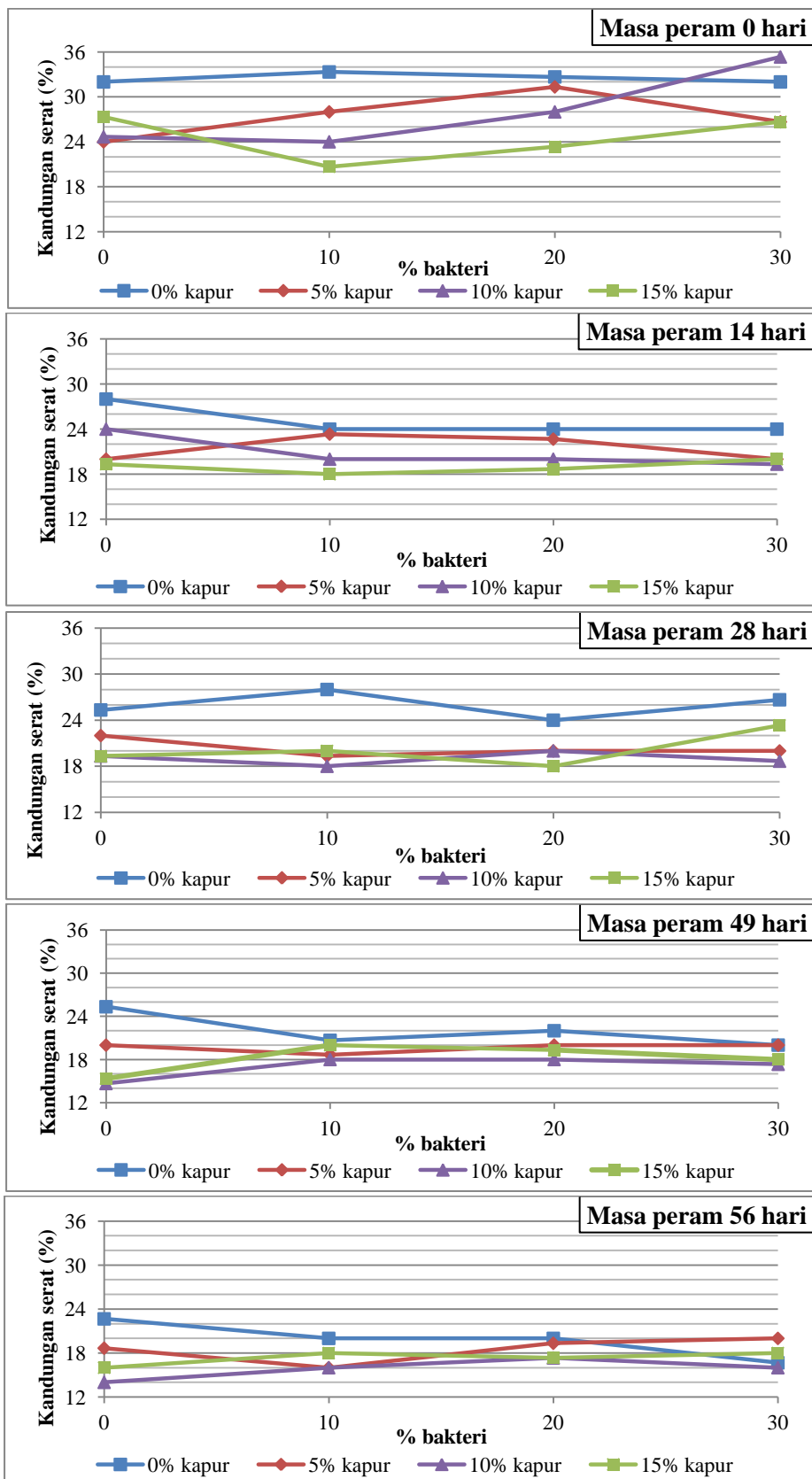
dan 30%. Hanya saja, penambahan larutan bakteri sebanyak 30% mulai menghasilkan kandungan serat yang lebih kecil pada masa peram 49 dan 56 hari.

Tabel 4. 6 Pengaruh Penambahan Larutan Bakteri Terhadap Kandungan Serat

Bahan dekomposer		% Kandungan Serat Hari ke-				
% Kapur	% Bakteri	0	14	28	49	56
0	0	32	28	25	25	23
	10	33	24	28	21	20
	20	33	24	24	22	20
	30	32	24	27	20	17
5	0	24	20	22	20	19
	10	28	23	19	19	16
	20	31	23	20	20	19
	30	27	20	20	20	20
10	0	25	24	19	15	14
	10	24	20	18	18	16
	20	28	20	20	18	17
	30	35	19	19	17	16
15	0	27	19	19	15	16
	10	21	18	20	20	18
	20	23	19	18	19	17
	30	27	20	23	18	18

Secara garis besar meningkatnya jumlah penambahan larutan bakteri yang lebih besar dari 10% menghasilkan kandungan serat cenderung tidak berbeda secara signifikan pada variasi masa peram 14, 28, 42, dan 56 hari. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah larutan bakteri tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses dekomposisi serat. Terdapat dua hal mungkin menyebabkan peningkatan jumlah larutan bakteri menjadi 20% atau 30% tidak menghasilkan penurunan kandungan serat signifikan sebagai berikut:

- Jumlah nutrisi yang terdapat di dalam sampel terbatas dan tidak dapat melayani kebutuhan aktivitas metabolisme seluruh bakteri.
- Peningkatan jumlah larutan bakteri yang ditambahkan meningkatkan potensi kondisi sampel menjadi semakin anaerob (miskin oksigen) karena akses difusi oksigen ke dalam sampel terhalang oleh genangan larutan bakteri seperti yang dicontohkan pada Gambar 4.9. Sehingga, meskipun dapat bertahan hidup dalam kondisi anaerob, namun bakteri dekomposer aerob mungkin tidak dapat bermetabolisme dengan baik dalam kondisi anaerob.



Gambar 4. 8 Pengaruh penambahan larutan bakteri terhadap kadungan serat pada variasi masa peram



Gambar 4. 9 Contoh genangan larutan bakteri (berwarna kuning transparan) pada sampel dengan penambahan larutan bakteri 30%

4.6. Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Sampel Tanah Gambut

Proses dekomposisi sangat berkaitan dengan perubahan kandungan serat pada waktu tertentu. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini dibahas mengenai pengaruh masa peram terhadap kandungan serat sampel tanah gambut dengan data yang ditampilkan pada Tabel 4.7 dan diplot dalam Gambar 4.10. Dalam Gambar 4.10 secara garis besar kandungan serat sampel tanpa maupun dengan penambahan bahan decomposer mengalami penurunan signifikan pada masa peram mencapai 14 hari. Hal ini mungkin terjadi karena seluruh sampel diletakkan dalam wadah yang memiliki lubang aerasi sehingga memungkinkan terjadinya dekomposisi yang lebih cepat. Hal ini mendukung pembahasan pada Subbab 2.8 bahwa proses dekomposisi akan berjalan dengan lebih cepat dalam kondisi aerob. Penurunan kandungan serat yang terjadi pada masa peram 14 hari terlihat cenderung lebih besar pada sampel yang ditambahkan larutan bakteri. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan larutan bakteri ke dalam sampel terbukti dapat mempercepat proses dekomposisi tanah gambut.

Karena penurunan kandungan serat yang terjadi pada masa peram 14 hari cukup besar, maka tentunya banyak bakteri yang beraktivitas melakukan proses dekomposisi selama masa peram tersebut. Sehingga gas CO_2 yang terlarut di dalam air membentuk asam karbonat lebih besar daripada gas CO_2 yang terlepas ke udara. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian nilai pH sampel pada masa peram

tersebut pada sampel tanpa penambahan kapur yang mengalami penurunan nilai pH. Keterkaitan antara nilai pH dan penurunan kandungan serat selama amsa peram 14 hari semakin memperkuat dugaan pada Subbab 4.3 bahwa penyebab turunnya nilai pH selama masa peram tersebut adalah terbentuknya asam karbonat akibat reaksi gas CO₂ yang diproduksi oleh bakteri dekomposer aerob yang larut di dalam air.

Tabel 4. 7 Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Sampel Tanah Gambut

Bahan dekomposer		% Kandungan Serat Hari ke-				
% Kapur	% Bakteri	0	14	28	49	56
0	0	32	28	25	25	23
	10	33	24	28	21	20
	20	33	24	24	22	20
	30	32	24	27	20	17
5	0	24	20	22	20	19
	10	28	23	19	19	16
	20	31	23	20	20	19
	30	27	20	20	20	20
10	0	25	24	19	15	14
	10	24	20	18	18	16
	20	28	20	20	18	17
	30	35	19	19	17	16
15	0	27	19	19	15	16
	10	21	18	20	20	18
	20	23	19	18	19	17
	30	27	20	23	18	18

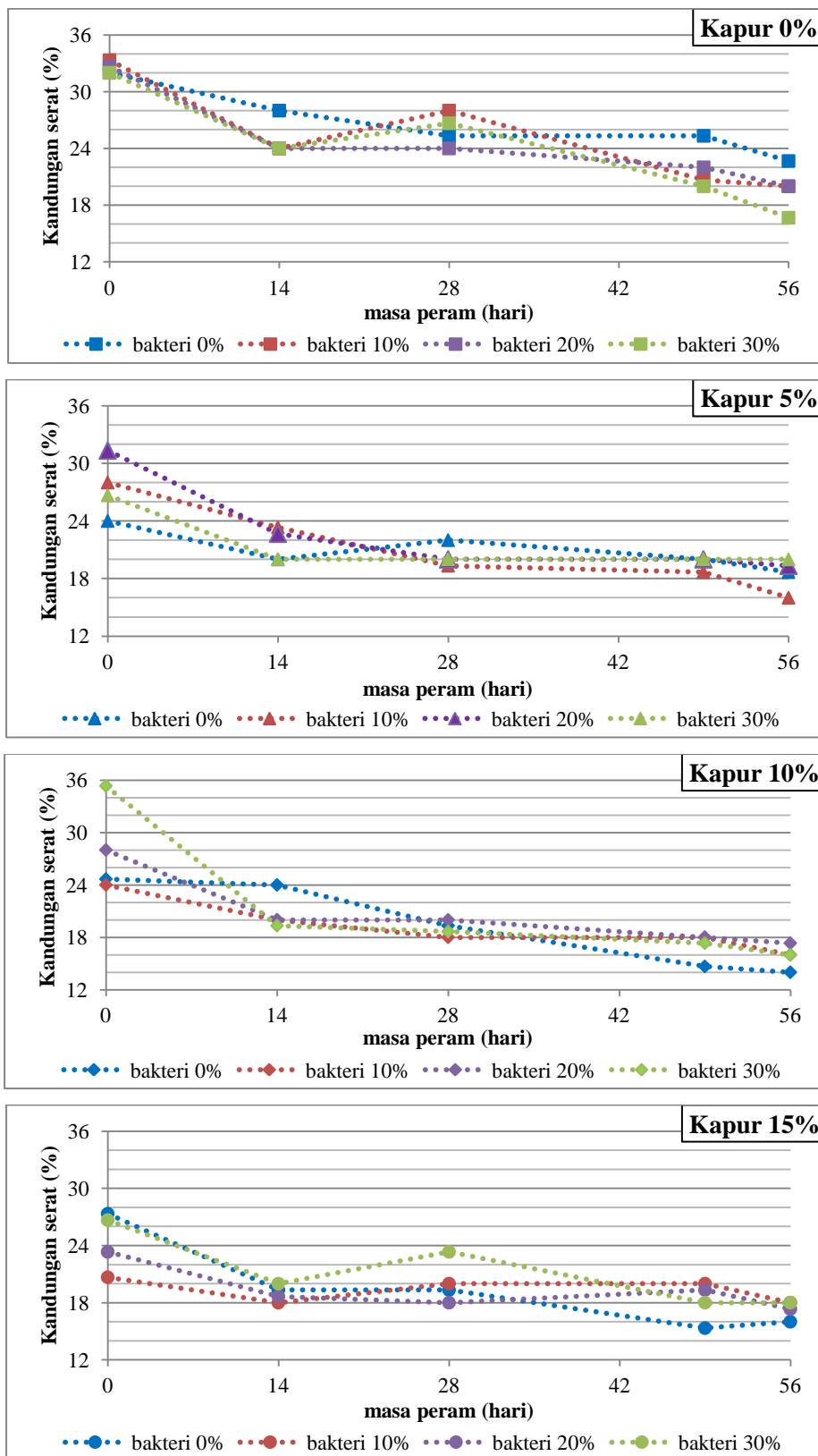
Setelah itu, dengan bertambahnya masa peram hingga mencapai 56 hari, penurunan kandungan serat tampak semakin tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya masa peram, jumlah bakteri dekomposer yang mampu hidup di dalam sampel menjadi semakin sedikit. Sehingga proses dekomposisi menjadi semakin lambat. Beberapa hal yang diduga sebagai penyebab penurunan kandungan serat menjadi tidak signifikan seperti yang telah dibahas sebelumnya adalah sebagai berikut:

- Nutrisi di dalam sampel semakin menurun karena digunakan untuk metabolisme bakteri.
- Pada sampel dengan penambahan larutan bakteri, peningkatan jumlah larutan bakteri yang ditambahkan meningkatkan potensi kondisi sampel menjadi

semakin anaerob (miskin oksigen) karena akses difusi oksigen ke dalam sampel terhalang oleh genangan larutan bakteri. Meskipun dapat bertahan hidup dalam kondisi anaerob, namun bakteri dekomposer aerob mungkin tidak dapat bermetabolisme dengan baik dalam kondisi anaerob.

- c. Pada sampel dengan penambahan kapur Ca(OH)_2 , peningkatan jumlah kapur menyebabkan pH sampel menjadi semakin tinggi (bersifat basa) dan menyebabkan bakteri lebih sulit bertahan hidup di dalam sampel sehingga kemungkinan jumlah bakteri yang mati terus bertambah dengan laju perkembangbiakan bakteri yang semakin lambat. Sehingga aktivitas bakteri dalam proses dekomposisi semakin menurun.

Beberapa variasi sampel menunjukkan peningkatan kandungan serat pada masa peram 28 hari. Seperti yang telah dikatakan sebelumnya bahwa peningkatan kandungan serat dengan bertambahnya masa peram seolah merupakan hal yang tidak wajar. Namun, hal ini mungkin saja terjadi bila sampel uji yang digunakan mengandung lebih banyak serpihan kayu yang lebih sulit untuk didekomposisi karena mengandung zat lignin.



Gambar 4. 10 Pengaruh masa peram terhadap kandungan serat sampel dengan variasi bakteri dan kapur

4.7. Pengaruh Masa Peram Terhadap Laju Dekomposisi Sampel Tanah Gambut

Laju dekomposisi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah besarnya penurunan kandungan serat (%) setiap hari sehingga dinyatakan dalam satuan %serat/hari. Data laju dekomposisi ini akan digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan campuran bahan dekomposer paling optimum di pembahasan selanjutnya karena dapat digunakan untuk membandingkan secara langsung besarnya kandungan serat yang terdekomposisi setiap hari pada setiap variasi campuran sampel. Pengaruh masa peram terhadap laju dekomposisi sampel ditampilkan pada Tabel 4.8.

Dalam Tabel 4.8, beberapa data laju dekomposisi memiliki nilai negatif (-). Hal ini terjadi apabila hasil pengujian kandungan serat pada suatu masa peram lebih besar dari kandungan serat masa peram sebelumnya. Penyebab terjadinya hal ini telah dijelaskan dalam Sub bab 4.4 mengenai fragmen penyusun tanah gambut yang memiliki kemampuan berbeda untuk dapat didekomposisi sehingga kandungan serat tanah gambut adalah heterogen atau berbeda-beda. Untuk memudahkan proses analisis, maka laju dekomposisi dengan nilai negatif diubah menjadi 0 yang berarti tanah gambut dianggap tidak mengalami proses dekomposisi yaitu tidak mengalami penurunan kandungan serat sejak pengujian kandungan serat pada masa peram sebelumnya. Dengan demikian, laju dekomposisi yang bernilai negatif kemudian secara langsung akan diubah menjadi angka 0 pada grafik hubungan masa peram terhadap laju dekomposisi dalam Gambar 4.11.

Berdasarkan Gambar 4.11, seluruh variasi sampel termasuk sampel inisial (tanpa perlakuan) menunjukkan laju dekomposisi paling maksimum pada masa peram 14 hari. Hal ini sesuai dengan Gambar 4.10 yang menunjukkan penurunan kandungan serat yang signifikan sejak awal masa pemeraman sampai pada masa peram ini. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa hal ini mungkin terjadi karena seluruh sampel diletakkan dalam wadah yang memiliki lubang aerasi sehingga memungkinkan terjadinya dekomposisi yang lebih cepat, terutama pada sampel yang ditambahkan larutan bakteri. Nilai maksimum laju

dekomposisi pada setiap variasi kapur yang sama saat masa peram 14 hari ini cenderung berada di sekitar laju dekomposisi 0.6% serat/hari.

Tabel 4. 8 Pengaruh Masa Peram Terhadap Laju Dekomposisi Sampel

Bahan dekomposer		Laju Dekomposisi (%serat/hari) Hari ke-				
% Kapur	%Bakteri	0	14	28	49	56
0	0	0.00	0.29	0.19	0.00	0.38
	10	0.00	0.67	0.00	0.35	0.10
	20	0.00	0.62	0.00	0.10	0.29
	30	0.00	0.57	0.00	0.32	0.48
5	0	0.00	0.29	0.00	0.10	0.19
	10	0.00	0.33	0.29	0.03	0.38
	20	0.00	0.62	0.19	0.00	0.10
	30	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00
10	0	0.00	0.05	0.33	0.22	0.10
	10	0.00	0.29	0.14	0.00	0.29
	20	0.00	0.57	0.00	0.10	0.10
	30	0.00	1.14	0.05	0.06	0.19
15	0	0.00	0.57	0.00	0.19	0.00
	10	0.00	0.19	0.00	0.00	0.29
	20	0.00	0.33	0.05	0.00	0.29
	30	0.00	0.48	0.00	0.25	0.00

Sumber: hasil perhitungan

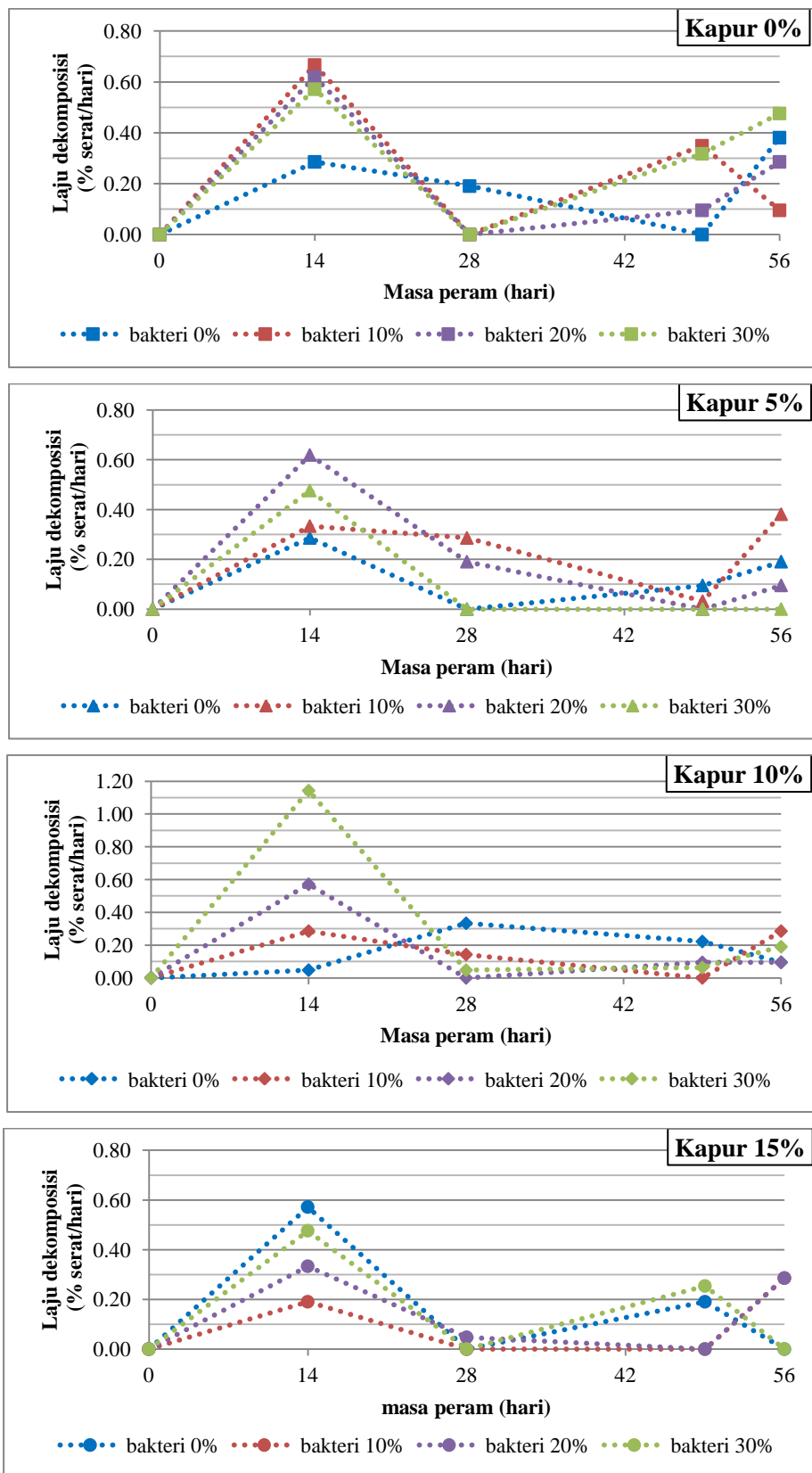
Pada sampel dengan kandungan kapur 0%, peningkatan jumlah larutan bakteri menghasilkan perbedaan laju dekomposisi yang kurang signifikan. Hal ini telah terlihat pada Gambar 4.8 dimana pada masa peram 14 hari, sampel dengan penambahan kapur 0% dan larutan bakteri 10%, 20% maupun 30% memiliki nilai kandungan yang sama besar yaitu 24%. Hal yang mungkin menjadi penyebab terjadinya laju dekomposisi yang sama ini telah disampaikan pada Subbab 4.5 yaitu terkait dengan jumlah nutrisi di dalam sampe yang tidak mampu memenuhi kebutuhan nutrisi semua bakteri untuk melakukan aktivitas metabolismenya dan terbentuknya lapisan genangan air yang menyebabkan kondisi sampel semakin anaerob. Jika laju dekomposisi tersebut dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan larutan bakteri (sampel inisial), maka laju dekomposisi sampel dengan penambahan larutan bakteri lebih cepat daripada sampel tanpa

penambahan larutan bakteri. Hal ini tentu saja terjadi karena jumlah bakteri dekomposer yang ada di dalam sampel inisial lebih rendah daripada sampel dengan penambahan larutan bakteri.

Laju dekomposisi optimum pada sampel tanpa penambahan kapur saat masa peram 14 hari juga disertai dengan perubahan nilai pH sampel yang semakin asam. Hal ini terjadi karena peningkatan aktivitas bakteri dalam mendekomposisi serat meningkatkan kandungan asam karbonat di dalam sampel seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses dekomposisi yang berlangsung cepat pada sampel dengan penambahan bakteri dapat dianalisis secara langsung melalui perubahan nilai pHnya.

Selanjutnya, pada masa peram 28 hari hampir seluruh variasi campuran sampel mengalami penurunan laju dekomposisi. Bahkan penurunan laju dekomposisi pada sebagian besar sampel mencapai angka 0%serat/hari. Dalam rentang waktu ini diindikasikan bahwa kemungkinan sebagian besar bakteri dekomposer aerob mengalami fase kematian akibat kehabisan nutrisi untuk proses metabolismenya. Hal ini didukung dengan nilai pH sampel yang menjadi semakin netral yang menandakan bahwa aktivitas bakteri mengalami penurunan sehingga jumlah asam karbonat hasil metabolisme bakteri dekomposer aerob menurun di dalam sampel.

Pada masa peram 49 hari, sebagian sampel menunjukkan peningkatan laju dekomposisi kembali. Namun besarnya peningkatan laju dekomposisi pada masa peram ini tidak begitu signifikan dan cenderung lebih lambat dibandingkan laju dekomposisi pada saat masa peram mencapai 14 hari. Hal ini mungkin dikarenakan sejumlah bakteri yang masih mampu bertahan hidup di dalam sampel menggunakan jasad bakteri yang telah mati akan sebagai sumber nutrisi karbon untuk metabolisme tubuhnya. Sehingga bakteri-bakteri tersebut dapat melakukan proses dekomposisi kembali. Kemudian, pada masa peram berikutnya laju dekomposisi pada beberapa jenis sampel tetap meningkat dan pada beberapa sampel lainnya menurun kembali.



Gambar 4. 11 Pengaruh masa peram terhadap laju dekomposisi pada tanah gambut dengan penambahan bakteri dan kapur

Dengan mengamati perilaku setiap variasi campuran sampel secara keseluruhan, terlihat bahwa laju dekomposisi pada sampel dengan penambahan kapur cenderung lebih rendah daripada sampel tanpa penambahan kapur. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian kapur justru menghambat proses dekomposisi yang dilakukan oleh bakteri dekomposer. Hal ini mungkin saja terjadi karena berdasarkan Tabel 4.3 sampel dengan penambahan kapur memiliki nilai pH yang tinggi sehingga sampel menjadi bersifat basa. Sedangkan bakteri dekomposer yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tanah gambut asli (endogen) yang mana terbiasa hidup di lingkungan yang bersifat asam. Sehingga dapat diketahui bahwa bakteri endogen tidak mudah beradaptasi untuk tinggal di dalam kondisi basa.

4.8. Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Halus

Salah satu faktor yang diharapkan dapat memberikan informasi mengenai terjadinya proses dekomposisi pada tanah gambut adalah data kandungan serat halus yang diperoleh dari hasil pengujian distribusi serat dengan metode analisis ayakan kering. Oleh karena itu, pada Tabel 4.9 ditampilkan pengaruh masa peram terhadap kandungan serat halus. Pada dasarnya kandungan serat halus akan meningkat apabila semakin banyak serat yang terdekomposisi selama masa peram. Namun, hasil plot grafik pengaruh masa peram terhadap kandungan serat halus pada Gambar 4.12 justru menunjukkan perilaku yang sebaliknya, yaitu sebagian besar variasi campuran sampel mengalami penurunan kandungan serat halus terhadap masa peram.

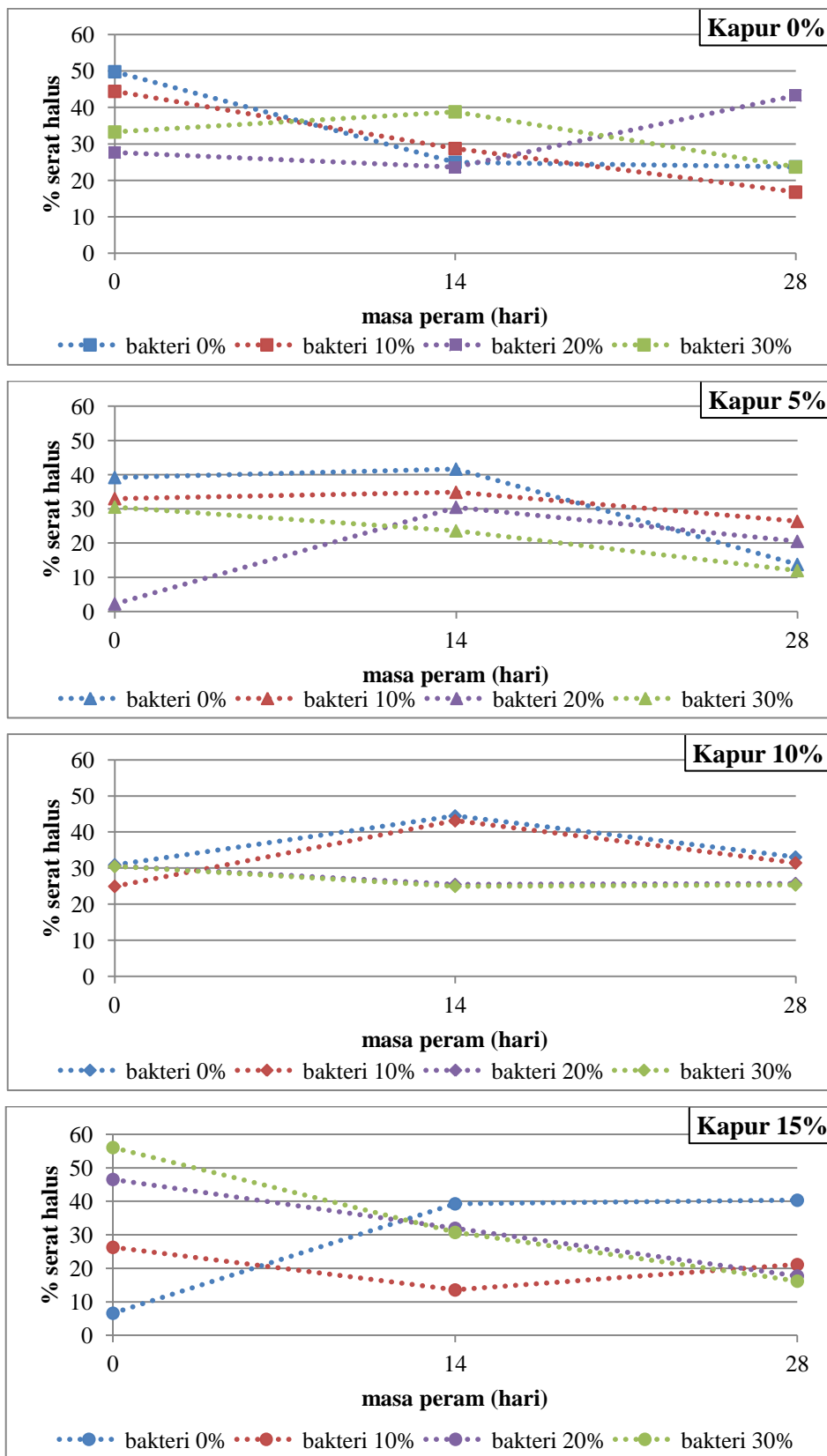
Sebagai contoh, dalam Gambar 4.2 sampel dengan penambahan kapur Ca(OH)_2 sebesar 0% cenderung mengalami penurunan kandungan serat halus pada masa peram mencapai 14 hari. Padahal bila ditinjau kembali laju dekomposisinya (Gambar 4.11), semua sampel tersebut justru mengalami peningkatan laju dekomposisi yang mana seharusnya menghasilkan kandungan serat halus yang meningkat. Kemungkinan penyebab data pengujian distribusi serat halus tidak dapat saling mendukung data laju dekomposisi adalah proses peremasan tanah saat pengujian distribusi serat. Dengan metode analisis ayakan

kering, sampel dikeringkan pada suhu ruangan dan diremas hampir setiap hari untuk memisahkan gumpalan serat tanah gambut. Sehingga ukuran butiran serat tanah gambut yang terbentuk sangat dipengaruhi kekuatan peremasan sampel. Dengan menyadari kelemahan metode analisis ayakan kering, maka pengujian ini hanya dilakukan pada masa peram 0, 14 dan 28 hari.

Tabel 4. 9 Pengaruh Masa Peram Terhadap Kandungan Serat Halus

Bahan dekomposer		% Kandungan Serat Halus Hari ke-		
%Kapur	%Bakteri	0	14	28
0	0	50	25	24
	10	44	29	17
	20	28	24	43
	30	33	39	24
5	0	39	42	14
	10	33	35	26
	20	2	30	21
	30	31	24	12
10	0	31	44	33
	10	25	43	31
	20	31	25	26
	30	30	25	25
15	0	7	39	40
	10	26	14	21
	20	47	32	18
	30	56	31	16

Sumber: hasil pengujian



Gambar 4. 12 Pengaruh masa peram terhadap kandungan serat halus sampel dengan variasi bakteri dan kapur

4.9. Analisis Campuran Bahan Dekomposer Optimum Untuk Mempercepat Proses Dekomposisi

Berdasarkan analisis data yang telah dibahas pada subbab sebelumnya, diketahui bahwa proses dekomposisi semua variasi campuran sampel terjadi paling optimum pada masa peram 14 hari. Pada masa peram tersebut, laju dekomposisi pada sampel dengan penambahan bakteri cenderung lebih cepat terutama pada sampel yang tidak ditamahi kapur Ca(OH)_2 . Namun peningkatan jumlah penambahan larutan bakteri tidak memberikan kenaikan laju dekomposisi yang signifikan karena nutrisi yang ada di dalam sampel hanya mampu memenuhi kebutuhan nutrisi sejumlah bakteri dekomposer aerob saja. Selain itu, penambahan jumlah bakteri melebihi 10% akan menyebabkan suasana sampel menjadi semakin anaerob akibat genangan air yang semakin tebal. Sedangkan bakteri aerob mungkin tidak dapat bermetabolisme dengan baik pada suasana lingkungan anaerob.

Selain pertimbangan dari hasil analisis yang telah dibahas sebelumnya, bila ditinjau dari segi keekonomisannya maka penambahan jumlah larutan bakteri yang melebihi 10% dari berat basah gambut akan membuat biaya penyediaan larutan bakteri semakin mahal. Sedangkan, dari segi pelaksanaan di lapangan, jumlah larutan bakteri yang melebihi 10% dari berat basah gambut semakin tidak aplikatif karena tanah menjadi terlalu basah. Berdasarkan pertimbangan mengenai laju dekomposisi, keekonomisan, dan pengaplikasian dari penambahan bahan dekomposer, maka ditentukan bahwa bahan dekomposer yang paling optimum dalam mempercepat proses dekomposisi adalah larutan bakteri sebanyak 10%.

4.10. Pengaruh Masa Peram Terhadap Sifat Fisik Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum

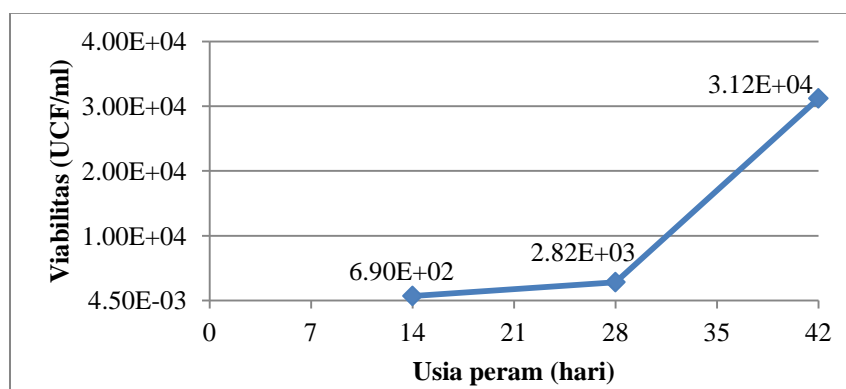
Pengaruh masa peram terhadap sifat fisik tanah gambut dengan penambahan bahan dekomposer optimum berupa larutan bakteri sebanyak 10% dari berat basah tanah gambut ditampilkan dalam Tabel 4.10. Pada tabel tersebut juga ditampilkan kepadatan bakteri, viabilitas, dan pH untuk dibahas bersama

dengan sifat fisik tanah gambut selama masa peram. Kemudian, data dalam tabel tersebut diplot pada Gambar 4.13, Gambar 4.14 dan Gambar 4.16.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik tanah gambut sebelum dan setelah dilakukan percepatan dekomposisi

No.	Uraian	Unit	initial	Masa Peram			
				0	14	28	42
1	Berat volume	gr/cm ³	1.056	1.056	1.058	1.054	1.037
2	Kadar air	%	589.39	589.96	621.23	575.28	568.66
3	Spesifi gravity		1.311	1.311	1.311	1.311	1.311
4	Kandungan serat	%	20	20	17	16	19
5	Kecepatan dekomposisi	%/hari	0.00	0.00	0.19	0.05	0.00
6	pH			5.40	6.20	6.20	6.00
7	Angka pori		7.73	7.73	8.14	7.54	7.45
8	Viabilitas	UCF/ml	-	-	6.90E+02	2.82E+03	3.12E+04

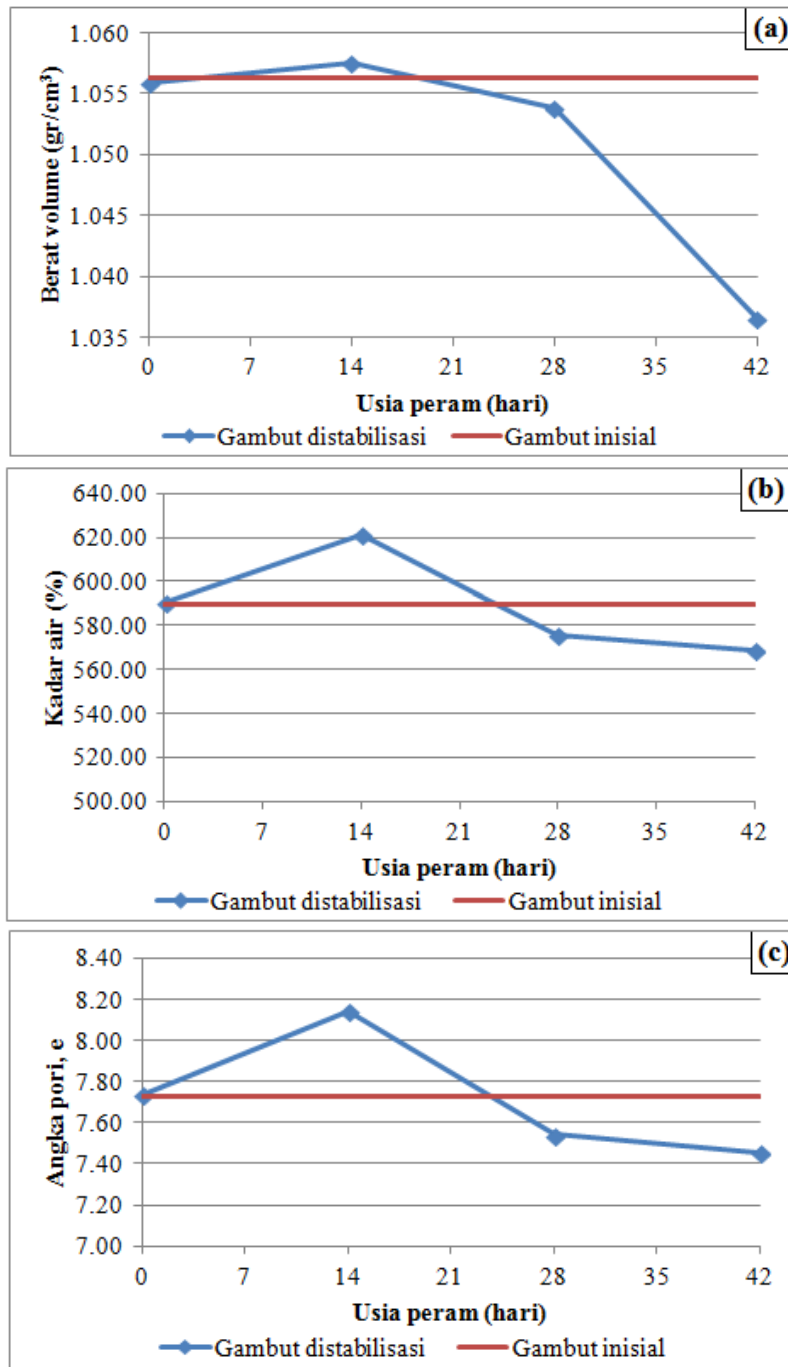
Berdasarkan hasil spektrofotometer, kepadatan rata-rata bakteri pada larutan bakteri yang digunakan dalam Tahap 2 adalah sebanyak 3.2×10^8 sel/ml. Jumlah kepadatan bakteri pada Tahap 2 ini memiliki selisih 1.6×10^8 lebih kecil daripada Tahap 1. Ketika masa pemeraman, hasil uji viabilitas bakteri dalam Gambar 4.13 menunjukkan bahwa bakteri dekomposer aerob yang telah ditambahkan ke dalam sampel dapat hidup dan menunjukkan peningkatan jumlah koloni sampai pada masa peram 42 hari. Dengan berpegang dari hasil pengujian viabilitas tersebut, maka seharusnya sampel tanah gambut akan menunjukkan proses dekomposisi selama masa pemeraman.



Gambar 4. 13 Pengaruh masa peram terhadap viabilitas bakteri

Pada grafik hubungan antara berat volume dengan masa peram pada Gambar 4.14(a), nilai berat volume awal saat larutan bakteri ditambahkan ke dalam sampel masih cenderung sama dengan berat volume tanah gambut inisial. Hal ini dikarenakan berat volume larutan bakteri dan berat volume tanah gambut cenderung sama, yaitu 0.94 gr/cm^3 dan 1.056 gr/cm^3 . Pada masa peram mencapai 14 hari, nilai berat volume sampel masih cenderung sama dengan masa peram sebelumnya yaitu 1.058 gr/cm^3 . Sedangkan, nilai kadar air dan angka pori sampel menunjukkan peningkatan menjadi 621.23% dan 8.14. Peningkatan kadar air yang terjadi pada masa peram ini terjadi karena aktivitas metabolisme bakteri dekomposer aerob menghasilkan air (H_2O) seperti yang telah dijelaskan dalam Subbab 2.8. Dengan meningkatnya kadar air pada masa peram 14 hari, maka nilai dari angka pori pun ikut meningkat.

Pada saat masa peram 28 hari, air bebas yang ada pada sampel mengalir mengisi ruang kosong pada wadah sampel seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.15(c). Hal ini menyebabkan nilai berat volume, kadar air dan angka pori sampel turun menjadi 1.054 gr/cm^3 , 575.28% dan 7.54. Pada masa peram mencapai 42 hari, jumlah air bebas yang mengalir semakin banyak (Gambar 4.15(d)) sehingga perubahan berat volume turun semakin signifikan menjadi 1.037 gr/cm^3 serta nilai kadar air dan angka pori terus mengalami penurunan menjadi 568.66 gr/cm^3 dan 7.45.

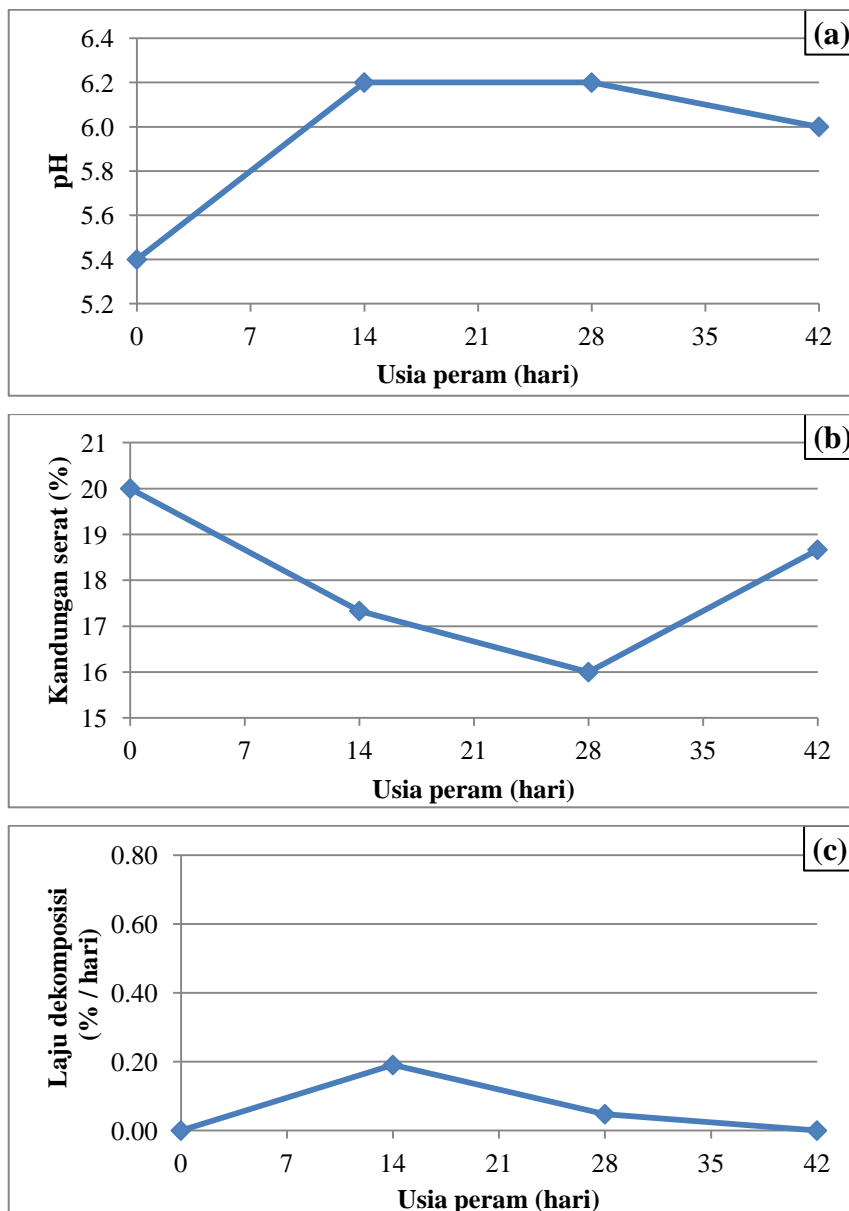


Gambar 4. 14 Pengaruh penambahan 10% bakteri terhadap: (a) berat volume; (b) kadar air; dan (c) angka pori sampel selama masa peram



Gambar 4. 15 Kondisi sampel: (a) inisial; (b) setelah pencampuran larutan bakteri; (c) masa peram 28 hari; (d) masa peram 42 hari

Berdasarkan Gambar 4.16(a), nilai pH selama masa peram menunjukkan peningkatan sehingga sifat keasaman sampel terus berubah menjadi cenderung netral. Hal ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi yang terjadi di dalam sampel kemungkinan berlangsung lebih lambat daripada sampel pada Tahap 1 karena jumlah gas CO_2 terlarut yang membentuk asam karbonat (H_2CO_3) sebagai hasil aktivitas metabolisme bakteri aerob dalam mendekomposisi lebih sedikit daripada gas CO_2 yang terlepas ke udara. Dugaan awal penyebab aktivitas bakteri yang rendah pada Tahap 2 ini adalah jumlah kepadatan bakteri dalam larutan yang ditambahkan ke dalam sampel pada Tahap 2 lebih kecil daripada kepadatan bakteri Tahap 1.



Gambar 4. 16 Pengaruh penambahan 10% bakteri terhadap: (a) viabilitas bakteri; (b) nilai pH; (c) kandungan serat; dan (d) laju dekomposisi sampel selama masa peram

Pada Gambar 4.16(c) laju dekomposisi sampel selama masa peram masih menunjukkan kecenderungan yang sama dengan laju dekomposisi variasi campuran sampel secara umum pada Tahap 1, yaitu laju dekomposisi maksimum terjadi pada masa peram 14 lalu menurun setelah masa peram tersebut. Laju dekomposisi maksimum yang terjadi pada sampel Tahap 2 ini adalah sebesar 0.19% serat/hari sedangkan laju dekomposisi pada Tahap 1 adalah

0.67%serat/hari. Kemungkinan penyebab laju dekomposisi maksimum pada Tahap 2 lebih kecil dari Tahap 1 adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan dalam Tahap 2 mengandung banyak serpihan pelapukan kayu sehingga memiliki senyawa lignin yang banyak dan susah terurai oleh bakteri decomposer yang ada di dalam sampel.
2. Kepadatan bakteri pada Tahap 2 lebih rendah dari Tahap 1 yaitu sebesar 1.6×10^8 sel/ml. Sehingga aktivitas bakteri dalam mendekomposisi elisih yang besar ini, maka terdapat kemungkinan terjadi perbedaan perilaku hasil pengujian tahap 1 dan tahap 2.
3. Kandungan serat inisial pada Tahap 2 yang telah tergolong tanah gambut amorphous mungkin mengandung nutrisi yang lebih sedikit dibandingkan sampel Tahap 1 yang masih merupakan gambut berserat.

4.11. Pengaruh Masa Peram Terhadap Sifat Teknis Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum

Perilaku sifat teknis tanah gambut hasil pengujian konsolidasi beban tetap sebesar 50kPa dan pengujian *direct shear* sebelum dan setelah dilakukan percepatan dekomposisi dirangkum dalam Tabel 4.11. Berdasarkan hasil kedua jenis pengujian sifat teknis tersebut, hanya pengujian konsolidasi yang dapat dianalisis dalam penelitian ini. Perilaku kuat geser tanah dari hasil uji *direct shear* tidak dapat ditampilkan karena dalam proses pengujian sampel tidak menunjukkan kekuatannya dimana jarum dial alat pengujian tidak bergerak sama sekali dengan bertambahnya gaya lateral yang diterapkan. Hal ini terjadi karena kekuatan terhadap gaya geser pada tanah gambut dihasilkan oleh serat. Sedangkan dengan kondisi sampel tanah gambut yang sudah terganggu (*disturbed*) serta akar dan kayu yang tampak telah dibuang. Perilaku sampel dalam kondisi terganggu ini juga dapat dijadikan analogi bahwa dengan adanya percepatan proses dekomposisi, serat di dalam tanah gambut akan terurai dan menyebabkan tanah gambut semakin tidak mempunyai nilai kuat geser.

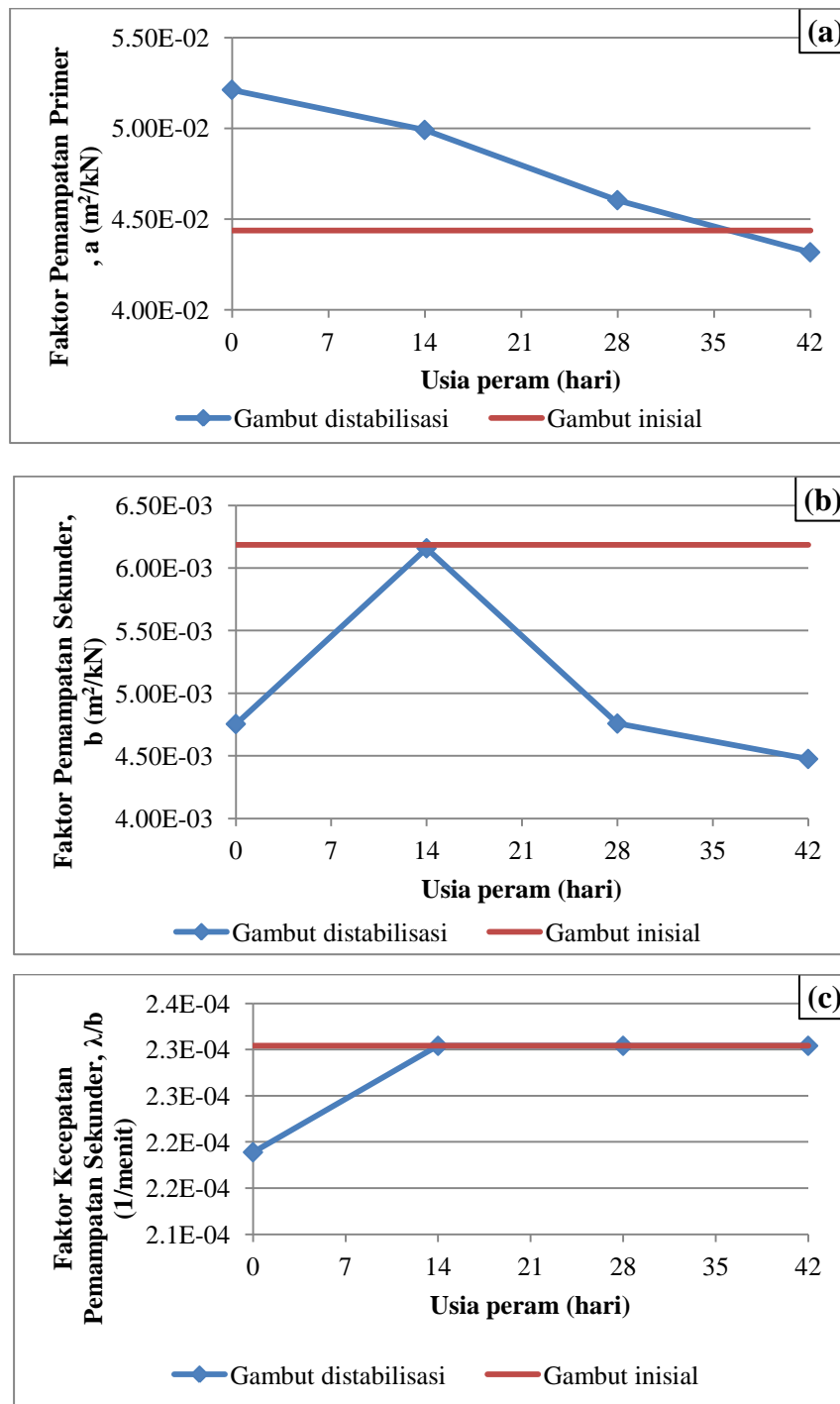
Tabel 4. 11 Rekapitulasi hasil pengujian sifat teknis tanah gambut sebelum dan setelah dilakukan percepatan dekomposisi

No.	Parameter mekanis tanah	Unit	Inisial	Masa Peram			
				0	14	28	42
1	Faktor pemampatan primer, a	m ² /kN	4.4E-02	5.2E-02	5.0E-02	4.6E-02	4.3E-02
2	Faktor pemampatan sekunder, b	m ² /kN	6.2E-03	4.8E-03	6.2E-03	4.8E-03	4.5E-03
3	Faktor redaman, λ		1.4E-06	1.0E-06	1.4E-06	1.1E-06	1.0E-06
4	Faktor kecepatan pemampatan sekunder, λ/b	1/menit	2.3E-04	2.2E-04	2.3E-04	2.3E-04	2.3E-04
5	Kohesi	kg/m ²	0	-	-	-	-
6	Sudut geser dalam	°	0	-	-	-	-

Berdasarkan hasil analisis hasil pengujian konsolidasi tanah gambut dengan metode Gibson dan Lo (1961), pengaruh masa peram terhadap perilaku kompresibilitas tanah gambut ditampilkan pada Gambar 4.17(a) dan 4.17(b). Pada Gambar 4.17(a), diketahui bahwa pada awal masa peram nilai faktor pemampatan primer (a) sampel tanah gambut dengan penambahan larutan bakteri lebih tinggi dari pada kondisi inisialnya, yaitu sebesar 5.2×10^{-2} m²/kN. Hal ini disebabkan sampel yang dicampur dengan larutan bakteri sebanyak 10% memiliki air bebas yang akan segera mengalir ketika sampel dibebani. Dengan bertambahnya usia peram, dekomposisi menyebabkan serat terurai dan memampat. Sehingga faktor pemampatan primer terus menurun dengan bertambahnya usia peram hingga mencapai 4.3×10^{-2} m²/kN pada masa peram 42 hari.

Pada Gambar 4.17(b), faktor pemampatan sekunder (b) sampel setelah penambahan larutan bakteri pada awal masa peram memiliki nilai yang lebih kecil daripada kondisi inisialnya yaitu 4.8×10^{-3} m²/kN. Hal ini mungkin dikarenakan larutan bakteri yang berada pada mikropori terperangkap di antara serat tanah gambut sehingga tidak dapat mengalir dengan cepat ketika dibebani. Sedangkan pada sampel inisial, jumlah air di dalam mikropori yang terperangkap di antara serat tanah gambut lebih sedikit jumlahnya. Kemudian setelah diperam selama 14 hari dimana pada Gambar 4.17(c) menunjukkan adanya peningkatan laju dekomposisi, nilai faktor pemampatan sekunder (b) meningkat dari 4.8×10^{-3} m²/kN menjadi 6.2×10^{-3} m²/kN. Peningkatan nilai faktor pemampatan sekunder (b) ini serupa dengan perilaku faktor pemampatan sekunder hasil pengujian

Mochtar, N.E., dan Yulianto, F.E dalam Gambar 2.9 yang terus meningkat pada masa peram 30 sampai 60 karena terjadinya dekomposisi.



Gambar 4. 17 Pengaruh penambahan 10% bakteri terhadap: (a) koefisien pemampatan primer; (b) koefisien pemampatan sekunder; (c) faktor kecepatan pemampatan sekunder selama masa peram

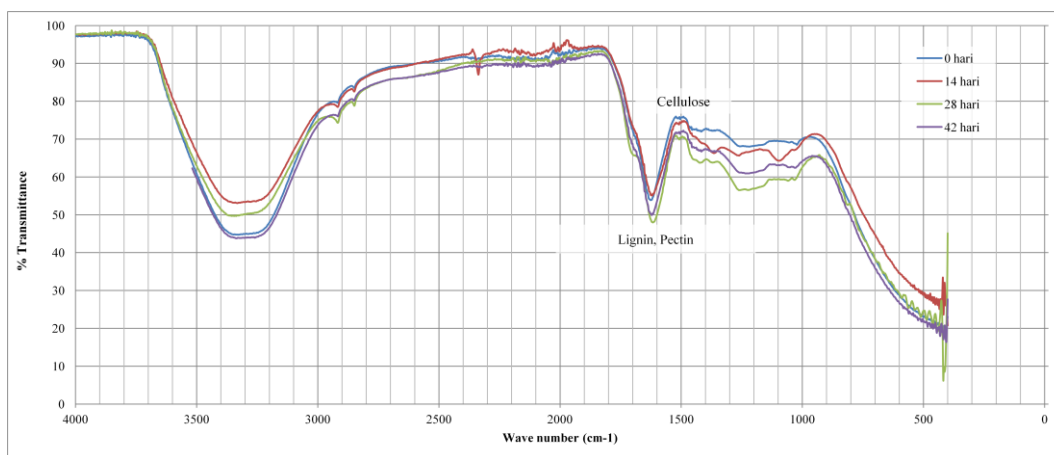
Penyebab nilai faktor pemampatan sekunder mengalami peningkatan ketika terjadi proses dekomposisi adalah terurainya serat tanah gambut menjadi lebih kecil sehingga air yang tadinya terperangkap di antara serat dapat mengalir meninggalkan pori ketika menerima tekanan beban. Dengan kata lain, meningkatnya faktor pemampatan sekunder tanah gambut menunjukkan kekuatan ikatan butiran solid (serat) tanah gambut yang melemah. Dengan meningkatnya proses dekomposisi pada masa peram mencapai 14 hari, maka lamanya perpindahan tekanan dari air ke serat ketika menerima suatu tegangan menjadi lebih cepat. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya faktor kecepatan pemampatan (λ/b) mencapai nilai yang sama dengan inisialnya pada Gambar 4.18(c) saat masa peram tersebut.

Pada masa peram 14 sampai 42 hari, faktor pemampatan sekunder (b) mengalami penurunan menjadi $4.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kN}$ pada masa peram 28 hari dan $4.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kN}$. Penurunan nilai faktor pemampatan sekunder (b) pada masa peram ini merupakan akibat memadatnya sampel seiring dengan adanya aliran air sampel yang mengisi ruang kosong pada wadah sampel seperti yang dijelaskan sebelumnya melalui Gambar 4.15. Selama masa peram ini, nilai dari faktor kecepatan pemampatan sekunder (λ/b) tidak mengalami perubahan. Dengan demikian, nilai dari pengujian Tahap 2 pada masa peram 28 dan 42 hari tidak dapat merepresentasikan terjadinya proses dekomposisi yang seharusnya terjadi pada sampel. Namun, meningkatnya faktor pemampatan sekunder (b) pada masa peram 14 hari telah menunjukkan bahwa percepatan proses dekomposisi terbukti dapat mempercepat proses pemampatan pada tanah gambut saat menerima beban.

4.12. Pengaruh Masa Peram Terhadap Ikatan Molekul Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum

Pengaruh masa peram terhadap ikatan molekul tanah gambut dengan penambahan bahan dekomposer optimum ditampilkan dalam Gambar 4.19. Dalam subbab ini, pembahasan analisis FTIR hanya dilakukan pada senyawa penyusun tumbuhan berupa lignin dan selulosa. Berdasarkan Gambar 4.19, dapat diketahui bahwa secara umum bentuk kurva hubungan transmisi dengan bilangan

gelombang (*wavenumber*) memiliki pola yang cenderung sama selama masa pemeraman. Dalam gambar tersebut, terdapat puncak pita serapan pada seluruh variasi masa peram sampel pada bilangan gelombang 1510 cm^{-1} . Dengan mengacu pada Tabel 2.13 dapat diketahui tanah gambut yang diteliti memiliki konsentrasi karbohidrat tumbuhan berupa lignin yang tinggi.



Gambar 4. 18 Pengaruh penambahan 10% bakteri terhadap perubahan ikatan molekul hasil uji FTIR

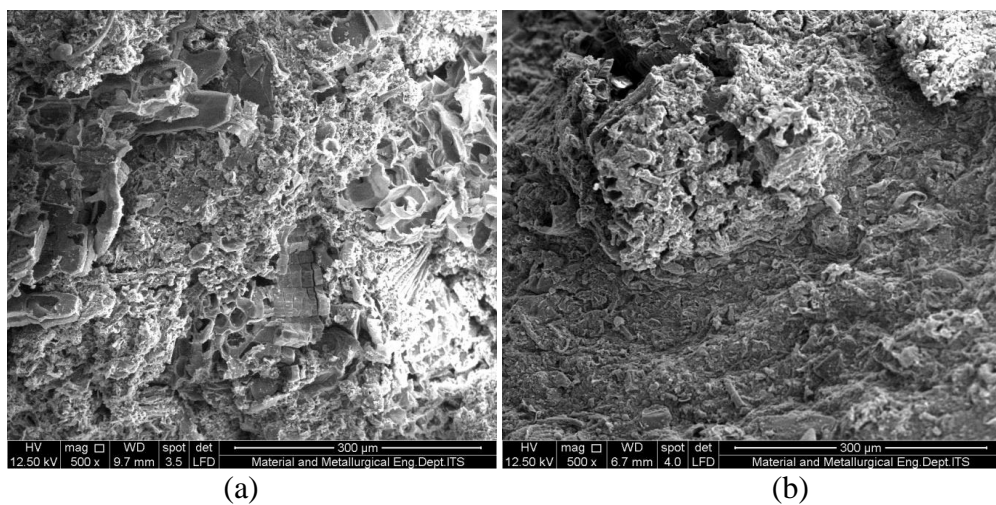
Lignin merupakan senyawa penyusun kambium tumbuhan yang lebih sulit diurai dibandingkan selulosa. Pada Gambar 4.18, bilangan gelombang sekitar 1510 cm^{-1} menunjukkan persentase sinar inframerah yang dapat ditransmisikan sampel tidak berubah secara signifikan terhadap bertambahnya masa peram. Dengan kata lain, konsorsium bakteri dekomposer aerob yang digunakan dalam penelitian ini kurang mampu menurunkan konsentrasi lignin secara signifikan. Hal ini dikarenakan konsorsium bakteri dekomposer yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh bakteri selulolitik yang menghasilkan enzim selulase yang bertugas mengurai selulosa. Seharusnya dengan konsentrasi senyawa lignin yang tinggi, diperlukan lebih banyak bakteri lignolitik yang berfungsi menguraikan senyawa lignin.

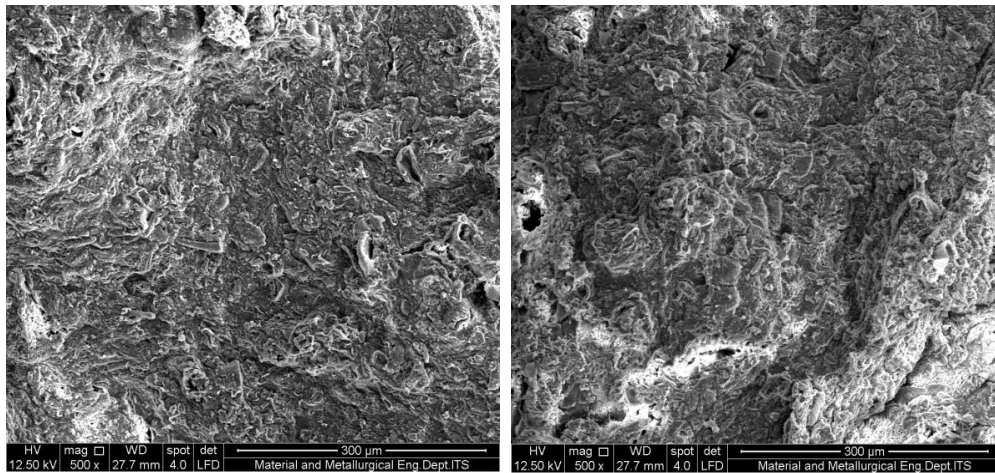
Konsentrasi lignin yang tinggi di dalam sampel tanah gambut pengujian tahap kedua dapat diduga sebagai penyebab hasil laju dekomposisi tahap dua lebih lambat daripada tahap satu. Sebab, pada pengujian tahap satu tidak dilakukan pengujian FTIR dan mungkin saja kandungan senyawa tumbuhan sampel tanah

gambut pada tahap satu lebih didominasi oleh selulosa daripada lignin. Selain diduga menjadi penyebab perbedaan laju dekomposisi pada tahap satu dan tahap dua, konsentrasi lignin pada masa peram 42 hari yang relatif lebih tinggi daripada masa peram 14 dan 28 hari menyebabkan kandungan serat pada masa peram 42 hari menjadi lebih tinggi.

4.13. Pengaruh Masa Peram Terhadap Sifat Mikroskopis Tanah Gambut dengan Penambahan Bahan Dekomposer Optimum

Pada Gambar 4.19 ditampilkan perubahan bentuk permukaan partikel gambut inisial dan setelah dilakukan percepatan dekomposisi menggunakan SEM dengan perbesaran 500x. Pada tanah gambut inisial (tanpa penambahan larutan bakteri), terdapat pori berukuran besar yang mendominasi permukaan sampel (Gambar 4.19(a)). Setelah dilakukan penambahan larutan bakteri, pada masa peram 14 hari (Gambar 4.19(b)) terlihat jumlah pori berukuran besar semakin sedikit dan permukaan sampel terlihat semakin halus sampai pada masa peram 42 hari seperti pada Gambar 4.19(c) dan Gambar 4.19(d). Perilaku mikroskopis tanah gambut selama masa peram dalam Gambar 4.19 telah menunjukkan bahwa proses dekomposisi membuat serat-serat terurai menjadi lebih halus.





(c)

(d)

Gambar 4. 19 Hasil uji SEM perbesaran 500x tanah gambut: (a) inisial; (b) masa peram 14 hari; (c) masa peram 28 hari; (d) masa peram 42 hari

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada sampel tanah gambut yang dilakukan percepatan dekomposisi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah gambut dari desa Bereng Bengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah yang diteliti termasuk dalam kategori tanah gambut jenis *sapric* berdasarkan kandungan seratnya, *highly acidic* berdasarkan nilai pH, dan *moderately absorbent* berdasarkan daya penyerapan airnya. Tanah ini memiliki faktor pemampatan primer (a) sebesar $4.4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{kN}$, faktor pemampatan sekunder (b) sebesar $6.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kN}$, faktor kecepatan pemampatan sekunder (λ/b) sebesar $2.3 \times 10^{-4} \text{ menit}^{-1}$.
2. Konsorsium bakteri decomposer aerob diperoleh dengan cara melakukan identifikasi, pengambilan, dan pengembangbiakan bakteri decomposer yang berasal dari tanah gambut yang diteliti (endogen). Bakteri tersebut dikembangkan dalam media cair yang secara berkala dihitung kepadatan bakterinya hingga mendekati 10^8 sel/ml .
3. Sampel dengan penambahan kapur Ca(OH)_2 cenderung memiliki laju dekomposisi yang lebih rendah daripada sampel tanpa penambahan kapur. Hal ini dikarenakan penambahan kapur Ca(OH)_2 menyebabkan kondisi sampel menjadi basa sehingga bakteri menjadi lebih sulit untuk beradaptasi dan berkembangbiak.
4. Bahan dekomposer paling optimum yang dapat mempercepat proses dekomposisi serat paling maksimum adalah larutan bakteri sebanyak 10% dari berat basah tanah gambut.
5. Pencampuran larutan bakteri sebanyak 10% ke dalam tanah gambut menghasilkan laju dekomposisi maksimum pada masa peram 14 hari sebesar 0.67% serat/hari pada Tahap 1 dan 0.19% serat/hari pada Tahap 2. Laju dekomposisi pada Tahap 2 tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan

kadar air (w_c), angka pori (e), faktor pemampatan sekunder (b) dan faktor kecepatan pemampatan sekunder. Kemudian, nilai parameter-parameter tersebut menurun pada masa peram selanjutnya karena keluarnya air bebas dari sampel tanah gambut.

6. Percepatan proses dekomposisi menyebabkan tanah gambut kehilangan kekuatan geser karena serat-seratnya terurai.
7. Hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa sampel tanah gambut pada Tahap 2 memiliki kandungan lignin yang tinggi.
8. Dengan meningkatnya laju dekomposisi mencapai maksimum pada masa peram 14 hari, jumlah dan ukuran makropori tanah gambut menjadi semakin sedikit dan kecil. Namun, Perubahan jumlah dan ukuran makropori tersebut menjadi tidak terlalu signifikan pada masa peram selanjutnya.

5.2. Saran

Beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya yang akan melakukan penelitian selanjutnya mengenai percepatan dekomposisi tanah gambut adalah sebagai berikut:

1. Pengujian distribusi serat disarankan menggunakan metode ayakan basah dengan mangacu pada Peat Testing Manual (1979).
2. Pencampuran sampel tanah gambut dengan bahan dekomposer yang akan diteliti sebaiknya dalam volume tanah gambut yang besar supaya kandungan seratnya dapat lebih merata.
3. Setiap sampel pengujian yang disiapkan sebaiknya hanya untuk satu perlakuan yang sama; sampel dengan perlakuan yang berbeda diletakkan di tempat yang berbeda pula.
4. Pengujian FTIR sampel inisial dilakukan di awal penelitian dalam rangka mengetahui jenis serat yang dikandung (lignin, selulosa, atau lainnya)
5. Jenis bakteri yang dipakai untuk penelitian disesuaikan dengan jenis serat yang dikandung tanah gambut yang diteliti.

6. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan beberapa hal berikut:
- menambahkan nutrisi ke dalam sampel untuk mengamati perilaku dekomposisi serat tanah gambut oleh bakteri.
 - setelah proses dekomposisi telah menghasilkan kandungan serat yang rendah, perlu dilakukan pengujian stabilisasi pada tanah gambut tersebut apakah hasil stabilisasi sudah tidak dipengaruhi oleh proses dekomposisi.
 - Setelah dilakukan proses percepatan dekomposisi tanah gambut berserat menggunakan larutan bakteri, diperlukan waktu untuk pengaliran air dalam rangka meningkatkan nilai berat volume tanah gambut sebelum melakukan upaya stabilisasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ACUAN

- ASTM. (1996). *Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *Spesifikasi Kapur untuk Stabilisasi Tanah (SNI 03-4147-1996)*. Indonesia: BSN.
- Balitbangtan. (2014). *Lahan Gambut Indonesia Pembentukan, Karakteristik, Dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan*. Jakarta: IAARD Press.
- Balittanah. (2006). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics and Foundation 3rd Ed*. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Day, J.H., dkk. (1979). *Peat Testing Manual*. Canada.
- Gibson, R. E. dan Lo, K. Y. (1961). *A Theory of Consolidation of Soil Exhibiting Secondary Compression*. Acta Polytechnica Scandinavica.
- Kolay, P.K. dan Pui, M.P. (2010). "Peat Stabilization Using Gypsum and Fly Ash". *UNIMAS E-Journal of Civil Engineering*, Vol. 1.
- Kolay, P.K., Sii, H.Y. dan Taib, S.N.L. (2011). "Tropical Peat Soil Stabilization using Class F". *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, hlm. 79-83.
- Kumalasari, R. dan Zulaika, E. (2016). "Pengomposan Daun Menggunakan Konsorsium Azotobacter". *Jurnal Sains dan Seni ITS* , Vol. 5, No.2, hlm. 64-66.
- MacFarlane, I. C. dan Radforth, N. W. (1965). A Study of Physical Behaviour of Peat Derivatives Under Compression. *Proceeding of The Tenth Muskeg Research Conference*. National Research Council of Canada.
- Mochtar, I.B., Khoiri, M., Lastiasih, Y. (2012). *Petunjuk Pengujian Tanah di Laboratorium dan Praktikum Mekanika Tanah*. Surabaya: itspress.
- Mochtar, N. E. (n.d.). *Sifat Teknis Tanah Gambut (Peat Soil)*. Surabaya.
- Mochtar, N.E., dan Yulianto, F.E. (2017). Compression Behavior of Fibrous Peat Stabilized with Lime CaCO₃+Rice Hush Ash and Lime CaCO₃+Fly Ash.

- International Conference on Civil Engineering Research (ICEER)*, (pp. 1-7). Surabaya.
- Mochtar, N.E., dkk. (2014). "Pengaruh Usia Stabilisasi pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO_3 dan Pozolan". *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 21, No.1, hlm. 58-64.
- Muslikah, S. (2011). *Studi Degradasi Tanah Gambut Oleh Mikroorganisme Untuk Proses Konsolidasi Tanah*. Depok.
- Nikookar, M., dkk. (2016). "Experimental Evaluation of the Strength of Peat Stabilized with Hydrated Lime". *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, hlm. 491-502.
- O'Kelly B.C. dan Pichan S.P. (2013). "Effects of Decomposition on The Compressibility of Fibrous Peat — A Review". *Geomechanics and Geoengineering: An International Journal*, Vol. 9, No.4, hlm. 286-296.
- Peta Atlas Provinsi Kalimantan Tengah*. (n.d.). Diambil dari <http://sentrapeta.com/peta-atlas-provinsi-kalimantan-tengah.html>
- Pichan, S. dan O'Kelly, B.C. (2012). "Effect of Decomposition on the Compressibility of Fibrous Peat". *GeoCongress*, hlm. 4329-4338.
- Saberian, M. dan Rahgozar, M.A. (2016). "Geotechnical Properties of Peat Soil Stabilised with Shredded Waste Tyre Chips in Combination with Gypsum, Lime or Cement". *International Mire Conservation Group and International Peatland Society*, Vol. 18, hlm. 1-16.
- Said, J.M. dan Taib, S.N.L. (2009). "Peat Stabilization with Carbide Lime". *UNIMAS E-Journal of Civil Engineering*, Vol. 1, hlm. 1-6.
- Sing, W.L., Hashim, R. dan Ali, F.H. (2008). "Behavior of Stabilized Peat Soils in Unconfined Compression Tests". *American J. of Engineering and Applied Sciences*, hlm. 274-279.
- Sing, W.L., Hashim, R. dan Ali, F.H. (2009). "A Review on Experimental Investigations of Peat Stabilization". *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, hlm. 3537-3552.
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. Wiley.
- Wiguna, A. (2015, 11 16). *Total Plate Count (TPC)*. Diambil dari duniachemistry: <http://duniachemistry.blogspot.co.id/2015/11/total-plate-count-tpc.html>

- Yanqoritha, N. (2013, Mei). Optimasi Aktivator Dalam Pembuatan Kompos Organik dari Limbah Kakao. *"MEKTEK" Tahun XV No.2*, pp. 103-108.
- Yulianto, F.E. dan Mochtar, N.E. (2016). The Effect of Curing Period and Thickness of The Stabilized Peat Layer to The Bearing Capacity and Compression Behaviour of Fibrous Peat. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 11, No. 19*, hlm. 11250-11253.
- Yulianto, F.E., dan Harwadi, F. (2009). "Menentukan Metode Perbaikan Untuk Tanah Gambut". *Jurnal Atmajaya*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

- Specific Gravity, G_s

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. picnometer		100	11	23	
2	Berat picnometer kosong	gr	89.83	82.49	87.64	
3	Berat picno + tanah kering	gr	130.05	122.89	122.81	
4	Berat tanah kering	gr	40.22	40.4	35.17	
5	Berat picno + kerosin + tanah (setelah divacum)	gr	306.330	299.900	303.690	
6	Temperatur	°C	28.5	28.5	28.5	
7	Koreksi temperatur		0.90	0.90	0.90	
8	Berat picno. + kerosin	gr	288.996	281.736	286.951	
9	Berat jenis air	gr/cm ³	1	1	1	
10	Berat jenis kerosin	gr/cm ³	0.797	0.797	0.797	
11	Specific gravity		1.401	1.448	1.521	1.457
12	Specific gravity terkoreksi		1.261	1.303	1.369	1.311

HASIL PENGUJIAN TAHAP 1

- Berat Volume

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. ring					
2	Diameter ring	cm	6.476	6.476	6.476	
3	Tinggi ring	cm	3.86	3.86	3.86	
4	Volume ring	cm ³	127.08	127.08	127.08	
5	Berat ring kosong	gr	160.202	160.202	160.202	
6	Berat ring + tanah basah	gr	292.231	294.243	288.953	
7	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.039	1.055	1.013	1.036

- Kadar air

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. cawan		80	105-2	45	
2	Berat cawan kosong	gr	49.357	48.192	49.93	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	127.358	141.443	176.292	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	60.043	61.309	67.97	
5	Berat air	gr	67.315	80.134	108.322	
6	Berat tanah kering	gr	10.686	13.117	18.04	
7	Kadar air	%	630%	611%	600%	614%

- Kandungan Serat – Masa Peram 0 hari

Kode	Volume setelah dibilas (mL)			Kandungan serat			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
A1	1.60	1.60	1.60	32%	32%	32%	32%
A2	1.20	1.20	1.20	24%	24%	24%	24%
A3	1.20	1.20	1.30	24%	24%	26%	25%
A4	1.30	1.40	1.40	26%	28%	28%	27%
B1	1.60	1.70	1.70	32%	34%	34%	33%
B2	1.40	1.40	1.40	28%	28%	28%	28%
B3	1.20	1.20	1.20	24%	24%	24%	24%
B4	1.00	1.10	1.00	20%	22%	20%	21%
C1	1.60	1.70	1.60	32%	34%	32%	33%
C2	1.60	1.50	1.60	32%	30%	32%	31%
C3	1.40	1.40	1.40	28%	28%	28%	28%
C4	1.20	1.10	1.20	24%	22%	24%	23%
D1	1.60	1.60	1.60	32%	32%	32%	32%
D2	1.30	1.30	1.40	26%	26%	28%	27%
D3	1.80	1.80	1.70	36%	36%	34%	35%
D4	1.40	1.20	1.40	28%	24%	28%	27%

- Kandungan Serat – Masa Peram 14 hari

Kode	Volume setelah dibilas (mL)			Kadar serat			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
A1	1.40	1.40	1.40	28%	28%	28%	28%
A2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
A3	1.20	1.20	1.20	24%	24%	24%	24%
A4	0.90	1.00	1.00	18%	20%	20%	19%
B1	1.20	1.20	1.20	24%	24%	24%	24%
B2	1.20	1.10	1.20	24%	22%	24%	23%
B3	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
B4	0.90	0.90	0.90	18%	18%	18%	18%
C1	1.20	1.20	1.20	24%	24%	24%	24%
C2	1.20	1.20	1.00	24%	24%	20%	23%
C3	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
C4	0.90	0.90	1.00	18%	18%	20%	19%
D1	1.20	1.20	1.20	24%	24%	24%	24%
D2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
D3	0.90	1.00	1.00	18%	20%	20%	19%
D4	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%

- Kandungan Serat – Masa Peram 28 hari

Kode	Volume setelah dibilas (mL)			Kadar serat			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
A1	1.20	1.30	1.30	24%	26%	26%	25%
A2	1.10	1.10	1.10	22%	22%	22%	22%
A3	1.00	1.00	0.90	20%	20%	18%	19%
A4	1.00	1.10	0.80	20%	22%	16%	19%
B1	1.40	1.40	1.40	28%	28%	28%	28%
B2	0.90	1.00	1.00	18%	20%	20%	19%
B3	0.90	0.90	0.90	18%	18%	18%	18%
B4	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
C1	1.20	1.20	1.20	24%	24%	24%	24%
C2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
C3	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
C4	0.90	0.90	0.90	18%	18%	18%	18%
D1	1.30	1.30	1.40	26%	26%	28%	27%
D2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
D3	0.90	0.90	1.00	18%	18%	20%	19%
D4	1.10	1.20	1.20	22%	24%	24%	23%

- Kandungan Serat – Masa Peram 49 hari

Kode	Volume setelah dibilas (mL)			Kadar serat			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
A1	1.30	1.30	1.20	26%	26%	24%	25%
A2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
A3	0.70	0.80	0.70	14%	16%	14%	15%
A4	0.80	0.80	0.70	16%	16%	14%	15%
B1	1.00	1.00	1.10	20%	20%	22%	21%
B2	0.90	0.90	1.00	18%	18%	20%	19%
B3	0.90	0.90	0.90	18%	18%	18%	18%
B4	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
C1	1.10	1.10	1.10	22%	22%	22%	22%
C2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
C3	0.90	0.90	0.90	18%	18%	18%	18%
C4	1.00	1.00	0.90	20%	20%	18%	19%
D1	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
D2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
D3	0.90	0.90	0.80	18%	18%	16%	17%
D4	1.00	0.80	0.90	20%	16%	18%	18%

- Kandungan Serat – Masa Peram 56 hari

Kode	Volume setelah dibilas (mL)			Kadar serat			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
A1	1.20	1.10	1.10	24%	22%	22%	23%
A2	0.90	0.90	1.00	18%	18%	20%	19%
A3	0.70	0.70	0.70	14%	14%	14%	14%
A4	0.80	0.80	0.80	16%	16%	16%	16%
B1	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
B2	0.80	0.80	0.80	16%	16%	16%	16%
B3	0.80	0.80	0.80	16%	16%	16%	16%
B4	1.00	0.90	0.80	20%	18%	16%	18%
C1	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
C2	1.00	1.00	0.90	20%	20%	18%	19%
C3	0.80	0.90	0.90	16%	18%	18%	17%
C4	0.80	0.80	1.00	16%	16%	20%	17%
D1	0.80	0.80	0.90	16%	16%	18%	17%
D2	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
D3	0.80	0.80	0.80	16%	16%	16%	16%
D4	0.90	0.90	0.90	18%	18%	18%	18%

- Distribusi Serat – Masa Peram 0 hari

Variasi sample : A1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.85	383.79	383.79	
2	Berat saringan no. 20		352.98	352.95	353.01	
3	Berat pan		78.33	78.38	78.39	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	395.89	387.42	385.17	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	369.68	370.42	366.40	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	101.57	98.79	96.80	
7	Berat total tanah	gr	51.98	41.51	33.18	
8	Serat kasar	%	23%	9%	4%	12%
9	Serat medium	%	32%	42%	40%	38%
10	Serat halus	%	45%	49%	55%	50%

Variasi sample : A2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.78	383.79	384.02	
2	Berat saringan no. 20		353.01	353.03	353.03	
3	Berat pan		79.09	79.18	79.2	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	399.69	397.84	400.38	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	372.64	373.65	373.12	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	100.90	102.19	103.07	
7	Berat total tanah	gr	57.35	57.68	60.32	
8	Serat kasar	%	28%	24%	27%	26%
9	Serat medium	%	34%	36%	33%	34%
10	Serat halus	%	38%	40%	40%	39%

Variasi sample : A3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.98	383.89	383.84	
2	Berat saringan no. 20		353.14	353.05	353.04	
3	Berat pan		79.2	79.22	79.23	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	436.32	405.80	405.82	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	380.98	367.62	367.60	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	115.38	96.33	94.69	
7	Berat total tanah	gr	116.36	53.59	52.00	
8	Serat kasar	%	45%	41%	42%	43%
9	Serat medium	%	24%	27%	28%	26%
10	Serat halus	%	31%	32%	30%	31%

Variasi sample : A4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.98	384.01	383.92	
2	Berat saringan no. 20		353.14	353.16	353.06	
3	Berat pan		79.2	79.17	79.22	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	431.21	429.68	439.98	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	366.05	366.22	361.15	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	82.95	83.69	83.92	
7	Berat total tanah	gr	63.89	63.25	68.85	
8	Serat kasar	%	74%	72%	81%	76%
9	Serat medium	%	20%	21%	12%	18%
10	Serat halus	%	6%	7%	7%	7%

Variasi sample : B1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.76	383.74	383.77	
2	Berat saringan no. 20		352.96	352.97	352.99	
3	Berat pan		78.31	78.35	78.35	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	393.40	395.65	397.94	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	369.25	371.87	372.02	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	103.40	101.28	101.76	
7	Berat total tanah	gr	51.02	53.74	56.61	
8	Serat kasar	%	19%	22%	25%	22%
9	Serat medium	%	32%	35%	34%	34%
10	Serat halus	%	49%	43%	41%	44%

Variasi sample :

B2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.8	383.79	383.85	
2	Berat saringan no. 20		353.07	353.1	353.04	
3	Berat pan		79.31	79.27	79.27	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	399.63	408.86	402.81	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	371.57	369.88	368.86	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	99.38	97.92	95.07	
7	Berat total tanah	gr	54.40	60.50	50.58	
8	Serat kasar	%	29%	41%	37%	36%
9	Serat medium	%	34%	28%	31%	31%
10	Serat halus	%	37%	31%	31%	33%

Variasi sample :

B3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.85	383.87	383.94	
2	Berat saringan no. 20		353.06	353.09	353.07	
3	Berat pan		79.12	79.14	79.14	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	414.30	407.18	407.18	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	373.52	378.78	378.78	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	97.46	94.77	94.77	
7	Berat total tanah	gr	69.25	64.63	64.58	
8	Serat kasar	%	44%	36%	36%	39%
9	Serat medium	%	30%	40%	40%	36%
10	Serat halus	%	26%	24%	24%	25%

Variasi sample :

B4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.79	383.75	383.82	
2	Berat saringan no. 20		353.04	352.99	353.03	
3	Berat pan		78.36	78.31	78.31	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	405.58	405.38	408.39	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	376.15	376.37	375.69	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	94.50	94.98	94.39	
7	Berat total tanah	gr	61.04	61.68	63.31	
8	Serat kasar	%	36%	35%	39%	37%
9	Serat medium	%	38%	38%	36%	37%
10	Serat halus	%	26%	27%	25%	26%

Variasi sample :

C1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.79	383.8	383.86	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.97	352.97	
3	Berat pan		78.35	78.33	78.35	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	410.33	403.13	405.20	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	368.01	371.68	370.88	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	92.38	96.02	92.08	
7	Berat total tanah	gr	55.61	55.73	52.98	
8	Serat kasar	%	48%	35%	40%	41%
9	Serat medium	%	27%	34%	34%	31%
10	Serat halus	%	25%	32%	26%	28%

Variasi sample :

C2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.75	383.75	383.75	
2	Berat saringan no. 20		352.98	352.95	352.96	
3	Berat pan		78.28	78.29	78.31	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	431.02	440.84	438.98	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	356.08	358.17	356.40	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	79.17	80.00	79.67	
7	Berat total tanah	gr	51.26	64.02	60.03	
8	Serat kasar	%	92%	89%	92%	91%
9	Serat medium	%	6%	8%	6%	7%
10	Serat halus	%	2%	3%	2%	2%

Variasi sample :

C3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		353.87	383.83	383.83	
2	Berat saringan no. 20		353.03	353.04	353.02	
3	Berat pan		78.37	78.33	78.32	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	393.87	409.29	407.43	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	373.70	370.66	374.02	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	105.71	98.48	96.42	
7	Berat total tanah	gr	88.01	63.23	62.70	
8	Serat kasar	%	45%	40%	38%	41%
9	Serat medium	%	23%	28%	33%	28%
10	Serat halus	%	31%	32%	29%	31%

Variasi sample :

C4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.79	383.78	383.77	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.97	352.95	
3	Berat pan		78.32	78.3	78.32	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	396.42	390.07	391.42	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	388.00	379.47	380.45	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	118.53	108.92	107.80	
7	Berat total tanah	gr	87.87	63.41	64.63	
8	Serat kasar	%	14%	10%	12%	12%
9	Serat medium	%	40%	42%	43%	41%
10	Serat halus	%	46%	48%	46%	47%

Variasi sample :

D1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.82	383.8	383.84	
2	Berat saringan no. 20		353.01	353.04	353.02	
3	Berat pan		79.08	79.08	79.08	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	408.00	400.01	404.00	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	376.10	374.83	376.77	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	102.00	101.33	98.08	
7	Berat total tanah	gr	70.19	60.25	62.91	
8	Serat kasar	%	34%	27%	32%	31%
9	Serat medium	%	33%	36%	38%	36%
10	Serat halus	%	33%	37%	30%	33%

Variasi sample :

D2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.81	383.8	381.95	
2	Berat saringan no. 20		353.02	353.04	353.04	
3	Berat pan		79.17	79.1	79.13	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	397.26	407.38	412.90	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	361.25	370.59	367.44	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	92.03	96.77	93.67	
7	Berat total tanah	gr	34.54	58.80	59.89	
8	Serat kasar	%	39%	40%	52%	44%
9	Serat medium	%	24%	30%	24%	26%
10	Serat halus	%	37%	30%	24%	31%

Variasi sample :

D3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.79	383.81	383.82	
2	Berat saringan no. 20		353.01	353	352.99	
3	Berat pan		78.42	78.39	78.37	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	400.92	404.50	409.32	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	375.88	375.40	375.42	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	99.72	98.91	93.85	
7	Berat total tanah	gr	61.30	63.61	63.41	
8	Serat kasar	%	28%	33%	40%	34%
9	Serat medium	%	37%	35%	35%	36%
10	Serat halus	%	35%	32%	24%	30%

Variasi sample :

D4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.77	383.71	383.78	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.97	353.05	
3	Berat pan		78.32	78.24	78.29	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	391.63	392.91	392.06	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	375.23	372.74	377.34	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	117.73	118.21	115.89	
7	Berat total tanah	gr	69.53	68.94	70.17	
8	Serat kasar	%	11%	13%	12%	12%
9	Serat medium	%	32%	29%	35%	32%
10	Serat halus	%	57%	58%	54%	56%

- Distribusi Serat – Masa Peram 14 hari

Variasi sample :

A1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.72	383.76	383.75	
2	Berat saringan no. 20		352.96	352.97	352.98	
3	Berat pan		79.47	79.47	79.48	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	407.88	405.72	408.03	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	371.02	370.80	373.06	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	91.08	90.30	100.27	
7	Berat total tanah	gr	53.83	50.62	65.15	
8	Serat kasar	%	45%	43%	37%	42%
9	Serat medium	%	34%	35%	31%	33%
10	Serat halus	%	22%	21%	32%	25%

Variasi sample :

A2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.75	383.77	383.78	
2	Berat saringan no. 20		352.99	352.95	352.99	
3	Berat pan		79.55	79.63	79.6	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	398.51	399.13	396.29	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	378.36	374.64	369.48	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	110.43	103.85	100.50	
7	Berat total tanah	gr	71.01	61.27	49.90	
8	Serat kasar	%	21%	25%	25%	24%
9	Serat medium	%	36%	35%	33%	35%
10	Serat halus	%	43%	40%	42%	42%

Variasi sample :

A3

Dry Shieve Analysis

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.74	383.72	383.74	
2	Berat saringan no. 20		352.99	353	352.98	
3	Berat pan		79.49	79.56	79.56	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	393.69	395.48	398.00	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	373.59	375.83	377.38	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	108.97	103.71	108.93	
7	Berat total tanah	gr	60.03	58.74	68.03	
8	Serat kasar	%	17%	20%	21%	19%
9	Serat medium	%	34%	39%	36%	36%

10	Serat halus	%	49%	41%	43%	44%
----	-------------	---	-----	-----	-----	-----

Variasi sample :

A4

Dry Shieve Analysis

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.74	383.75	383.75	
2	Berat saringan no. 20		353	352.97	353	
3	Berat pan		79.53	79.53	79.56	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	400.24	400.74	406.50	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	378.22	380.22	381.58	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	111.63	108.91	106.54	
7	Berat total tanah	gr	73.82	73.62	78.31	
8	Serat kasar	%	22%	23%	29%	25%
9	Serat medium	%	34%	37%	36%	36%
10	Serat halus	%	43%	40%	34%	39%

Variasi sample :

B1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.76	383.74	383.73	
2	Berat saringan no. 20		352.96	352.96	352.95	
3	Berat pan		79.46	79.53	79.48	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	399.04	399.88	400.39	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	369.76	366.44	368.30	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	92.46	91.65	92.12	
7	Berat total tanah	gr	45.08	41.74	44.65	
8	Serat kasar	%	34%	39%	37%	37%
9	Serat medium	%	37%	32%	34%	35%
10	Serat halus	%	29%	29%	28%	29%

Variasi sample :

B2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.75	383.77	383.79	
2	Berat saringan no. 20		353	352.99	352.98	
3	Berat pan		79.5	79.5	79.5	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	398.76	403.81	405.94	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	377.62	382.29	384.15	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	102.98	105.35	105.72	
7	Berat total tanah	gr	63.11	75.19	79.54	
8	Serat kasar	%	24%	27%	28%	26%
9	Serat medium	%	39%	39%	39%	39%
10	Serat halus	%	37%	34%	33%	35%

Variasi sample :

B3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.76	383.77	383.76	
2	Berat saringan no. 20		352.99	352.98	352.99	
3	Berat pan		79.565	79.56	79.55	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	392.73	396.49	397.71	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	376.15	379.22	379.49	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	110.14	107.01	105.78	
7	Berat total tanah	gr	62.71	66.41	66.68	
8	Serat kasar	%	14%	19%	21%	18%
9	Serat medium	%	37%	40%	40%	39%
10	Serat halus	%	49%	41%	39%	43%

Variasi sample :

B4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.74	383.71	383.74	
2	Berat saringan no. 20		352.94	352.94	352.95	
3	Berat pan		79.46	79.46	79.46	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	421.05	409.87	421.96	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	377.32	380.26	377.90	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	88.15	89.67	88.32	
7	Berat total tanah	gr	70.38	63.69	72.03	
8	Serat kasar	%	53%	41%	53%	49%
9	Serat medium	%	35%	43%	35%	37%
10	Serat halus	%	12%	16%	12%	14%

Variasi sample :

C1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.78	383.72	383.75	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.96	352.97	
3	Berat pan		79.49	79.46	79.5	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	401.28	402.22	413.54	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	367.67	367.50	365.66	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	90.81	89.70	90.89	
7	Berat total tanah	gr	43.52	43.28	53.87	
8	Serat kasar	%	40%	43%	55%	46%
9	Serat medium	%	34%	34%	24%	30%
10	Serat halus	%	26%	24%	21%	24%

Variasi sample :

C2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.74	383.74	383.76	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.99	352.96	
3	Berat pan		79.47	79.49	79.49	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	403.45	401.61	410.42	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	370.63	369.29	369.76	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	97.32	96.88	94.23	
7	Berat total tanah	gr	55.22	51.56	58.20	
8	Serat kasar	%	36%	35%	46%	39%
9	Serat medium	%	32%	32%	29%	31%
10	Serat halus	%	32%	34%	25%	30%

Variasi sample :

C3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.72	383.74	383.73	
2	Berat saringan no. 20		352.94	352.97	352.97	
3	Berat pan		79.44	79.45	79.44	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	410.41	413.73	413.04	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	377.08	376.85	379.49	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	98.90	98.05	96.18	
7	Berat total tanah	gr	70.29	72.47	72.57	
8	Serat kasar	%	38%	41%	40%	40%
9	Serat medium	%	34%	33%	37%	35%
10	Serat halus	%	28%	26%	23%	25%

Variasi sample :

C4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.73	383.73	383.69	
2	Berat saringan no. 20		352.96	352.98	352.97	
3	Berat pan		79.46	79.44	79.42	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	413.50	407.46	414.32	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	379.01	376.00	374.27	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	107.01	105.95	98.31	
7	Berat total tanah	gr	83.37	73.26	70.82	
8	Serat kasar	%	36%	32%	43%	37%
9	Serat medium	%	31%	31%	30%	31%
10	Serat halus	%	33%	36%	27%	32%

Variasi sample : D1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.75	383.72	383.74	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.95	352.95	
3	Berat pan		79.55	79.53	79.49	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	391.67	391.73	392.53	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	367.92	367.61	363.96	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	92.62	94.56	92.77	
7	Berat total tanah	gr	35.94	37.70	33.08	
8	Serat kasar	%	22%	21%	27%	23%
9	Serat medium	%	42%	39%	33%	38%
10	Serat halus	%	36%	40%	40%	39%

Variasi sample : D2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.77	383.78	383.8	
2	Berat saringan no. 20		353	353.02	353.02	
3	Berat pan		79.55	79.53	79.51	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	415.38	413.45	411.75	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	380.61	382.80	379.00	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	96.75	102.02	93.66	
7	Berat total tanah	gr	76.42	81.94	68.08	
8	Serat kasar	%	41%	36%	41%	40%
9	Serat medium	%	36%	36%	38%	37%
10	Serat halus	%	23%	27%	21%	24%

Variasi sample : D3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.75	383.82	383.77	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.96	352.97	
3	Berat pan		79.48	79.47	79.45	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	408.75	413.45	415.63	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	380.34	380.02	382.15	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	100.36	97.89	96.56	
7	Berat total tanah	gr	73.25	75.11	78.15	
8	Serat kasar	%	34%	39%	41%	38%
9	Serat medium	%	37%	36%	37%	37%
10	Serat halus	%	29%	25%	22%	25%

Variasi sample : D4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.72	383.73	383.73	
2	Berat saringan no. 20		352.95	352.96	352.97	
3	Berat pan		79.43	79.42	79.42	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	408.79	414.75	415.83	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	382.03	383.57	384.11	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	107.1	105.52	104.81	
7	Berat total tanah	gr	81.82	87.73	88.63	
8	Serat kasar	%	31%	35%	36%	34%
9	Serat medium	%	36%	35%	35%	35%
10	Serat halus	%	34%	30%	29%	31%

- Distribusi Serat – Masa Peram 28 hari

Variasi sample : A1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.67	383.66	383.66	
2	Berat saringan no. 20		352.96	352.99	352.94	
3	Berat pan		78.62	78.60	78.58	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	402.53	406.50	406.80	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	367.30	366.89	364.54	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	90.08	89.26	88.97	
7	Berat total tanah	gr	44.66	47.40	45.13	
8	Serat kasar	%	42%	48%	51%	47%
9	Serat medium	%	32%	29%	26%	29%
10	Serat halus	%	26%	22%	23%	24%

Variasi sample : A2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.65	383.66	383.66	
2	Berat saringan no. 20		352.96	352.94	352.94	
3	Berat pan		78.62	78.6	78.63	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	413.74	412.21	417.18	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	363.44	362.69	362.92	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	86.03	84.63	84.70	
7	Berat total tanah	gr	47.98	44.33	49.57	
8	Serat kasar	%	63%	64%	68%	65%
9	Serat medium	%	22%	22%	20%	21%

10	Serat halus	%	15%	14%	12%	14%
----	-------------	---	-----	-----	-----	-----

Variasi sample : A3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.73	383.75	383.72	
2	Berat saringan no. 20		352.99	353.00	353.00	
3	Berat pan		78.49	78.52	78.46	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	401.26	408.98	402.27	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	378.07	377.52	377.09	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	102.12	96.06	104.01	
7	Berat total tanah	gr	66.24	67.29	68.19	
8	Serat kasar	%	26%	37%	27%	30%
9	Serat medium	%	38%	36%	35%	37%
10	Serat halus	%	36%	26%	37%	33%

Variasi sample : A4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.73	383.72	383.73	
2	Berat saringan no. 20		353.00	353.01	353.00	
3	Berat pan		78.50	78.50	78.54	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	397.83	402.77	400.84	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	373.43	374.75	373.52	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	104.74	102.93	104.06	
7	Berat total tanah	gr	60.77	65.22	63.15	
8	Serat kasar	%	23%	29%	27%	27%
9	Serat medium	%	34%	33%	32%	33%
10	Serat halus	%	43%	37%	40%	40%

Variasi sample : B1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.71	383.68	383.7	
2	Berat saringan no. 20		352.95	352.94	352.93	
3	Berat pan		82.6	82.61	82.59	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	405.24	413.28	415.48	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	365.94	365.64	367.86	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	89.06	90.39	93.58	
7	Berat total tanah	gr	40.98	50.08	57.70	
8	Serat kasar	%	53%	59%	55%	56%
9	Serat medium	%	32%	25%	26%	28%
10	Serat halus	%	16%	16%	19%	17%

Variasi sample :

B2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.72	383.73	383.76	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.96	352.98	
3	Berat pan		78.48	78.46	78.46	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	400.82	404.96	424.28	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	367.72	368.28	365.78	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	93.61	91.58	92.13	
7	Berat total tanah	gr	46.98	49.67	66.99	
8	Serat kasar	%	36%	43%	60%	47%
9	Serat medium	%	31%	31%	19%	27%
10	Serat halus	%	32%	26%	20%	26%

Variasi sample :

B3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.71	383.74	383.74	
2	Berat saringan no. 20		352.99	353.01	353	
3	Berat pan		78.45	78.46	78.48	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	401.13	402.98	404.85	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	373.88	371.07	373.39	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	98.13	95.01	96.01	
7	Berat total tanah	gr	57.99	53.85	59.03	
8	Serat kasar	%	30%	36%	36%	34%
9	Serat medium	%	36%	34%	35%	35%
10	Serat halus	%	34%	31%	30%	31%

Variasi sample :

B4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.69	383.7	383.69	
2	Berat saringan no. 20		352.93	352.93	352.94	
3	Berat pan		82.65	82.68	82.62	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	409.92	411.37	419.03	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	376.14	377.42	375.54	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	99.46	97.79	93.31	
7	Berat total tanah	gr	66.25	67.27	68.63	
8	Serat kasar	%	40%	41%	51%	44%
9	Serat medium	%	35%	36%	33%	35%
10	Serat halus	%	25%	22%	16%	21%

Variasi sample : C1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.69	383.7	383.68	
2	Berat saringan no. 20		352.94	352.95	352.93	
3	Berat pan		82.78	82.68	8.65	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	396.57	402.56	409.79	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	369.07	367.81	364.01	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	98.07	94.81	90.85	
7	Berat total tanah	gr	44.30	45.85	119.39	
8	Serat kasar	%	29%	41%	22%	31%
9	Serat medium	%	36%	32%	9%	26%
10	Serat halus	%	35%	26%	69%	43%

Variasi sample : C2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.76	383.72	383.69	
2	Berat saringan no. 20		352.97	352.96	352.96	
3	Berat pan		78.52	78.43	78.39	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	407.03	409.02	414.75	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	367.30	366.89	364.02	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	88.97	88.06	88.97	
7	Berat total tanah	gr	48.05	48.86	52.70	
8	Serat kasar	%	48%	52%	59%	53%
9	Serat medium	%	30%	29%	21%	26%
10	Serat halus	%	22%	20%	20%	21%

Variasi sample : C3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.73	383.71	383.71	
2	Berat saringan no. 20		352.95	352.96	352.97	
3	Berat pan		78.44	78.41	78.42	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	406.96	406.39	409.39	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	371.62	373.81	369.42	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	92.30	92.86	94.37	
7	Berat total tanah	gr	55.76	57.98	58.08	
8	Serat kasar	%	42%	39%	44%	42%
9	Serat medium	%	33%	36%	28%	33%
10	Serat halus	%	25%	25%	27%	26%

Variasi sample :

C4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.73	383.75	383.72	
2	Berat saringan no. 20		352.98	352.97	352.97	
3	Berat pan		78.54	78.46	78.44	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	413.92	418.32	423.50	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	370.22	371.64	369.62	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	92.59	89.85	86.67	
7	Berat total tanah	gr	61.48	64.63	64.66	
8	Serat kasar	%	49%	53%	62%	55%
9	Serat medium	%	28%	29%	26%	28%
10	Serat halus	%	23%	18%	13%	18%

Variasi sample :

D1

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.67	383.68	383.67	
2	Berat saringan no. 20		352.96	352.99	352.94	
3	Berat pan		78.57	78.57	78.60	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	401.01	402.43	408.16	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	368.17	367.49	364.33	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	88.87	88.89	89.50	
7	Berat total tanah	gr	42.85	43.57	46.78	
8	Serat kasar	%	40%	43%	52%	45%
9	Serat medium	%	35%	33%	24%	31%
10	Serat halus	%	24%	24%	23%	24%

Variasi sample :

D2

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.69	383.69	383.69	
2	Berat saringan no. 20		352.93	352.94	352.95	
3	Berat pan		82.63	82.56	82.95	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	408.72	416.46	422.35	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	369.24	366.38	364.40	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	91.36	87.65	87.63	
7	Berat total tanah	gr	50.07	51.30	54.79	
8	Serat kasar	%	50%	64%	71%	61%
9	Serat medium	%	33%	26%	21%	27%
10	Serat halus	%	17%	10%	9%	12%

Variasi sample : D3

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.66	383.67	383.68	
2	Berat saringan no. 20		352.94	352.94	352.92	
3	Berat pan		82.68	82.67	82.69	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	411.01	410.65	416.79	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	372.17	374.02	371.02	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	99.40	100.99	97.20	
7	Berat total tanah	gr	63.30	66.38	65.72	
8	Serat kasar	%	43%	41%	50%	45%
9	Serat medium	%	30%	32%	28%	30%
10	Serat halus	%	26%	28%	22%	25%

Variasi sample : D4

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	Berat saringan no. 8		383.7	383.7	383.72	
2	Berat saringan no. 20		352.93	352.94	352.94	
3	Berat pan		82.69	82.64	82.64	
4	Berat saringan no. 8 + tanah yang tertahan	gr	418.55	420.79	425.96	
5	Berat saringan no. 20 + tanah yang tertahan	gr	376.90	375.70	376.28	
6	Berat pan + tanah yang lolos saringan no. 20	gr	96.27	93.70	93.50	
7	Berat total tanah	gr	72.40	70.91	76.44	
8	Serat kasar	%	48%	52%	55%	52%
9	Serat medium	%	33%	32%	31%	32%
10	Serat halus	%	19%	16%	14%	16%

HASIL PENGUJIAN TAHAP 2

- Berat Volume

Initial - tanpa bakteri

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. ring		1	2	1 (ulang)	
2	Diameter ring	cm	6.5	6.5	6.5	
3	Tinggi tanah	cm	1.9	1.9	1.9	
4	Volume tanah	cm ³	63.02	63.02	63.02	
7	Berat tanah basah	gr	66.38	66.66	66.65	
8	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.053	1.058	1.058	1.056

Masa Peram 0 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. ring		1	2		
2	Diameter ring	cm	6.5	6.5		
3	Tinggi ring	cm	1.9	1.9		
4	Volume ring	cm ³	63.02	63.02		
7	Berat tanah basah	gr	66.47	66.61		
8	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.055	1.057		1.056

Masa Peram 14 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. ring		1	2		
2	Diameter ring	cm	6.5	6.5		
3	Tinggi ring	cm	1.9	1.9		
4	Volume ring	cm ³	63.02	63.02		
7	Berat tanah basah	gr	66.53	66.75		
8	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.056	1.059		1.058

Masa Peram 28 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. ring		1	2		
2	Diameter ring	cm	6.5	6.5		
3	Tinggi ring	cm	1.9	1.9		
4	Volume ring	cm ³	63.02	63.02		
7	Berat tanah basah	gr	66.45	66.36		
8	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.054	1.053		1.054

Masa Peram 42 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. ring		1	2		
2	Diameter ring	cm	6.5	6.5		
3	Tinggi ring	cm	1.9	1.9		
4	Volume ring	cm ³	63.02	63.02		
7	Berat tanah basah	gr	69.59	68.43		
8	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.037	1.036		1.037

- Kadar Air (w_c)

Initial- tanpa bakteri

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. cawan		4	51	125	
2	Berat cawan kosong	gr	42.112	39.672	41.653	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	106.86	96.657	112.104	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	51.616	47.839	51.876	
5	Berat air	gr	55.244	48.818	60.228	
6	Berat tanah kering	gr	9.504	8.167	10.223	
7	Kadar air	%	581.27	597.75	589.14	589.39

Masa Peram 0 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. cawan		205	29	8	
2	Berat cawan kosong	gr	39.952	49.307	42.819	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	85.285	82.615	94.672	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	45.709	53.411	49.388	
5	Berat air	gr	39.576	29.204	45.284	
6	Berat tanah kering	gr	5.757	4.104	6.569	
7	Kadar air	%	581.27	605.43	583.19	589.96

Masa Peram 14 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. cawan		174	42	187	
2	Berat cawan kosong	gr	38.69	48.7	46.98	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	102.37	103.2	103.36	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	46.41	55.3	53.76	
5	Berat air	gr	55.96	47.9	49.6	
6	Berat tanah kering	gr	7.72	6.6	6.78	
7	Kadar air	%	618.70	619.59	625.39	621.23

Masa Peram 28 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. cawan		143	227	48	
2	Berat cawan kosong	gr	43.74	50.77	50.767	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	99.761	105.447	93.359	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	50.824	57.808	56.251	
5	Berat air	gr	48.937	47.639	37.108	
6	Berat tanah kering	gr	7.084	7.038	5.484	
7	Kadar air	%	584.64	570.71	570.49	575.28

Masa Peram 42 hari - bakteri 10%

No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
1	No. cawan		179	48	227	
2	Berat cawan kosong	gr	38.651	50.766	50.769	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	91.982	116.138	115.346	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	45.368	59.043	59.487	
5	Berat air	gr	46.614	57.095	55.859	
6	Berat tanah kering	gr	6.717	8.277	8.718	
7	Kadar air	%	587.80	583.63	534.56	568.66

- Kandungan serat

Masa Peram	Volume setelah dibilas (mL)			Kadar serat			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-rata
0 hari	1.00	1.00	1.00	20%	20%	20%	20%
14 hari	0.90	0.90	0.80	18%	18%	16%	17%
28 hari	0.80	0.80	0.80	16%	16%	16%	16%
42 hari	1.00	1.00	0.80	20%	20%	16%	19%

- Angka Pori, e

No.	Uraian	unit	initial	hari - 0	hari - 14	hari - 28	hari - 42
1	Berat volume tanah γ_t	gr/cm ³	1.056	1.056	1.058	1.054	1.095
2	Spesific gravity Gs		1.311	1.311	1.311	1.311	1.311
3	kadar air wc	%	589.39	589.96	621.23	575.28	568.66
4	Berat volume kering γ_d	gr/cm ³	0.153	0.153	0.147	0.156	0.155
5	angka pori e		7.726	7.734	8.143	7.541	7.454

- Konsolidasi – Inisial (Tanpa Bakteri)

time (menit)	Pembacaan dial		Dial dikoreksi		Penurunan, Δh (mm)		Perubahan angka pori, Δe		Angka pori, e	
	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2
0	4	15			0.000	0.000	0.000	0.000	7.726	7.726
0.13	45	145	41	130	0.041	0.130	0.188	0.597	7.538	7.129
0.27	65	170	61	155	0.061	0.155	0.280	0.712	7.446	7.014
0.5	104	200	100	185	0.100	0.185	0.459	0.850	7.267	6.876
1	258	255	254	240	0.254	0.240	1.167	1.102	6.560	6.624
2	320	306	316	291	0.316	0.291	1.451	1.336	6.275	6.390
4	411	365	407	350	0.407	0.350	1.869	1.607	5.857	6.119
8	470	406	466	391	0.466	0.391	2.140	1.796	5.586	5.930
16	496	425.5	492	410.5	0.492	0.411	2.260	1.885	5.466	5.841
30	509	438	505	423	0.505	0.423	2.319	1.943	5.407	5.783
60	524	449	520	434	0.520	0.434	2.388	1.993	5.338	5.733
120	533	457	529	442	0.529	0.442	2.430	2.030	5.297	5.696
240	543	465	539	450	0.539	0.450	2.475	2.067	5.251	5.659
480	552	474	548	459	0.548	0.459	2.517	2.108	5.209	5.618
960	559.5	483	555.5	468	0.556	0.468	2.551	2.149	5.175	5.577
1440	566	487	562	472	0.562	0.472	2.581	2.168	5.145	5.558
2880	575.5	497	571.5	482	0.572	0.482	2.625	2.214	5.101	5.512
4320	581	502.5	577	487.5	0.577	0.488	2.650	2.239	5.076	5.487
5760	585	506.5	581	491.5	0.581	0.492	2.668	2.257	5.058	5.469
7200	587	510.5	583	495.5	0.583	0.496	2.678	2.276	5.049	5.450
8640	590	511.5	586	496.5	0.586	0.497	2.691	2.280	5.035	5.446

- Konsolidasi – Masa Peram 0 hari

time (menit)	Pembacaan dial		Dial dikoreksi		Penurunan, Δh (mm)		Perubahan angka pori, Δe		Angka pori, e	
	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2
0	0	20	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	7.734	7.734
0.13	135	185	135	165	0.135	0.165	0.621	0.758	7.113	6.975
0.27	165	218	165	198	0.165	0.198	0.758	0.910	6.975	6.823
0.5	210	260	210	240	0.210	0.240	0.965	1.103	6.768	6.630
1	279	327	279	307	0.279	0.307	1.282	1.411	6.451	6.322
2	361	418	361	398	0.361	0.398	1.659	1.829	6.074	5.904
4	436	514	436	494	0.436	0.494	2.004	2.271	5.729	5.463
8	481	567.5	481	547.5	0.481	0.548	2.211	2.517	5.523	5.217
16	498.5	586	498.5	566	0.499	0.566	2.291	2.602	5.442	5.132
30	510.5	597	510.5	577	0.511	0.577	2.347	2.652	5.387	5.081
60	525	606	525	586	0.525	0.586	2.413	2.694	5.320	5.040
120	533	614	533	594	0.533	0.594	2.450	2.730	5.284	5.003
240	541	622	541	602	0.541	0.602	2.487	2.767	5.247	4.966
480	548	629	548	609	0.548	0.609	2.519	2.799	5.215	4.934
960	554.5	636.5	554.5	616.5	0.555	0.617	2.549	2.834	5.185	4.900
1440	558.5	640	558.5	620	0.559	0.620	2.567	2.850	5.166	4.884
2880	565	647	565	627	0.565	0.627	2.597	2.882	5.136	4.852
4320	570	652	570	632	0.570	0.632	2.620	2.905	5.114	4.829
5760	573	655	573	635	0.573	0.635	2.634	2.919	5.100	4.815
7200	576.5	658.5	576.5	638.5	0.577	0.639	2.650	2.935	5.084	4.799
8640	580	661.5	580	641.5	0.580	0.642	2.666	2.949	5.068	4.785

- Konsolidasi – Masa Peram 14 hari

time (menit)	Pembacaan dial		Dial dikoreksi		Penurunan, Δh (mm)		Perubahan angka pori, Δe		Angka pori, e	
	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2
0	0	27			0.000	0.000	0.000	0.000	8.143	8.143
0.13	110	138	110	111	0.110	0.111	0.529	0.534	7.614	7.609
0.27	140	163	140	136	0.140	0.136	0.674	0.654	7.470	7.489
0.5	175	204	175	177	0.175	0.177	0.842	0.852	7.301	7.292
1	238	263	238	236	0.238	0.236	1.145	1.136	6.998	7.008
2	317	341	317	314	0.317	0.314	1.526	1.511	6.618	6.632
4	400	421	400	394	0.400	0.394	1.925	1.896	6.218	6.247
8	458	476	458	449	0.458	0.449	2.204	2.161	5.939	5.983
16	499	502	489	475	0.489	0.475	2.353	2.286	5.790	5.858
30	512.5	513	502.5	486	0.503	0.486	2.418	2.339	5.725	5.805
60	525.5	529.5	515.5	502.5	0.516	0.503	2.481	2.418	5.663	5.725
120	535	539.5	525	512.5	0.525	0.513	2.526	2.466	5.617	5.677
240	545	549	535	522	0.535	0.522	2.575	2.512	5.569	5.631
480	555	557	545	530	0.545	0.530	2.623	2.551	5.521	5.593
960	563	565	553	538	0.553	0.538	2.661	2.589	5.482	5.554
1440	568	569	558	542	0.558	0.542	2.685	2.608	5.458	5.535
2880	577	577	567	550	0.567	0.550	2.729	2.647	5.415	5.497
4320	583	581.5	573	554.5	0.573	0.555	2.757	2.668	5.386	5.475
5760	586	586	576	559	0.576	0.559	2.772	2.690	5.372	5.453
7200	590	589	580	562	0.580	0.562	2.791	2.705	5.352	5.439
8640	592	592.5	582	565.5	0.582	0.566	2.801	2.721	5.343	5.422

- Konsolidasi – Masa Peram 28 hari

time (menit)	Pembacaan dial		Dial dikoreksi		Penurunan, Δh (mm)		Perubahan angka pori, Δe		Angka pori, e	
	sampel 1	sampel 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2
0	0	0			0.000	0.000	0.000	0.000	7.541	7.541
0.13	120	103	120	103	0.120	0.103	0.539	0.463	7.002	7.078
0.27	153	140	153	140	0.153	0.140	0.688	0.629	6.853	6.912
0.5	198	182	198	182	0.198	0.182	0.890	0.818	6.651	6.723
1	250	247	250	247	0.250	0.247	1.124	1.110	6.417	6.431
2	322	335	322	335	0.322	0.335	1.447	1.506	6.094	6.035
4	394	423	394	423	0.394	0.423	1.771	1.902	5.770	5.640
8	436	482	436	482	0.436	0.482	1.960	2.167	5.581	5.374
16	444.5	504.5	444.5	504.5	0.445	0.505	1.998	2.268	5.543	5.273
30	450	515.5	450	515.5	0.450	0.516	2.023	2.317	5.518	5.224
60	459.5	524	459.5	524	0.460	0.524	2.066	2.356	5.476	5.186
120	466	531.5	466	531.5	0.466	0.532	2.095	2.389	5.446	5.152
240	490	539	490	539	0.490	0.539	2.203	2.423	5.338	5.118
480	512	544	512	544	0.512	0.544	2.302	2.445	5.240	5.096
960	522	549.5	522	549.5	0.522	0.550	2.347	2.470	5.195	5.071
1440	526	554	526	554	0.526	0.554	2.365	2.490	5.177	5.051
2880	534	558.5	534	558.5	0.534	0.559	2.401	2.511	5.141	5.030
4320	538	561.5	538	561.5	0.538	0.562	2.418	2.524	5.123	5.017
5760	541.5	563	541.5	563	0.542	0.563	2.434	2.531	5.107	5.010
7200	544.5	566	544.5	566	0.545	0.566	2.448	2.544	5.093	4.997
8640	547.5	568	547.5	568	0.548	0.568	2.461	2.553	5.080	4.988

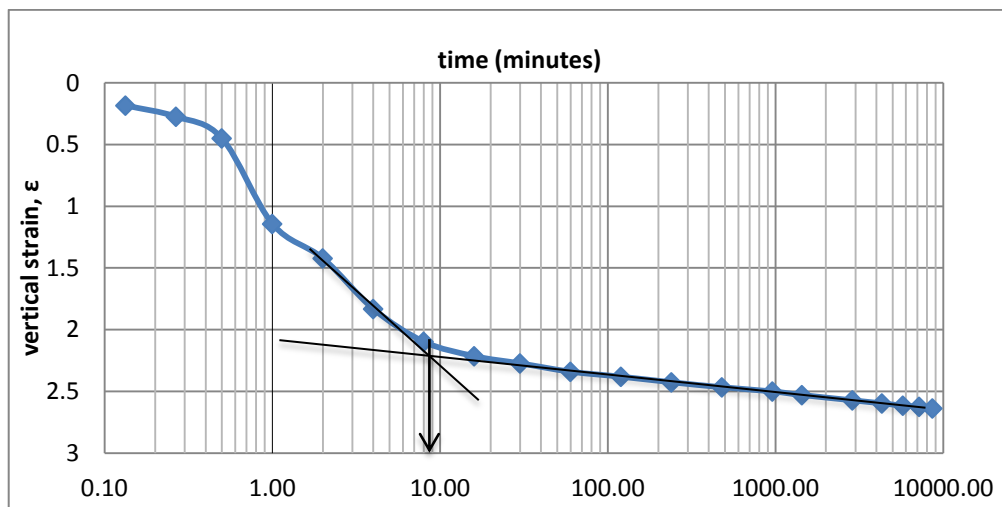
- Konsolidasi – Masa Peram 42 hari

time (menit)	Pembacaan dial		Dial dikoreksi		Penurunan, Δh (mm)		Perubahan angka pori, Δe		Angka pori, e	
	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2	sampel 1	sample 2
0	0	0			0.000	0.000	0.000	0.000	7.454	7.454
0.13	115	110	115	110	0.115	0.110	0.512	0.489	6.943	6.965
0.27	140	135	140	135	0.140	0.135	0.623	0.601	6.831	6.854
0.5	180	160	180	160	0.180	0.160	0.801	0.712	6.653	6.742
1	223	208	223	208	0.223	0.208	0.992	0.926	6.462	6.529
2	290	270	290	270	0.290	0.270	1.290	1.201	6.164	6.253
4	360	352	360	352	0.360	0.352	1.602	1.566	5.853	5.888
8	428	397	428	397	0.428	0.397	1.904	1.767	5.550	5.688
16	457	432	457	432	0.457	0.432	2.034	1.922	5.421	5.532
30	482	441	482	441	0.482	0.441	2.145	1.962	5.310	5.492
60	492	450	492	450	0.492	0.450	2.189	2.002	5.265	5.452
120	505	460	505	460	0.505	0.460	2.247	2.047	5.207	5.408
240	513	470	513	470	0.513	0.470	2.283	2.091	5.172	5.363
480	520	479	520	479	0.520	0.479	2.314	2.131	5.141	5.323
960	528	486	528	486	0.528	0.486	2.349	2.163	5.105	5.292
1440	532	489	532	489	0.532	0.489	2.367	2.176	5.087	5.279
2880	538	496	538	496	0.538	0.496	2.394	2.207	5.060	5.247
4320	541	501	541	501	0.541	0.501	2.407	2.229	5.047	5.225
5760	542.5	504.5	542.5	504.5	0.543	0.505	2.414	2.245	5.040	5.210
7200	544.5	507	544.5	507	0.545	0.507	2.423	2.256	5.032	5.198
8640	547	510	547	510	0.547	0.510	2.434	2.269	5.020	5.185

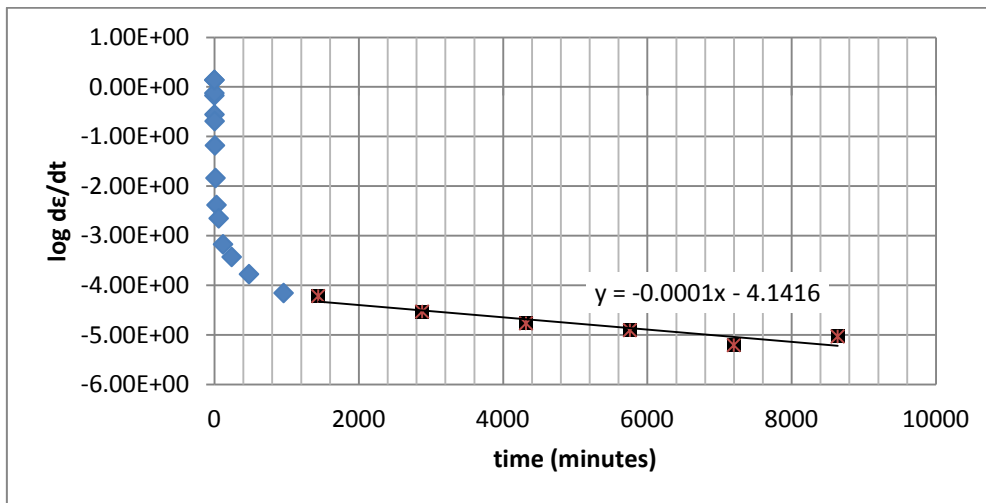
- Pemampatan – Inisial (Tanpa Bakteri)

Tabel A. 1 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 1 Inisial

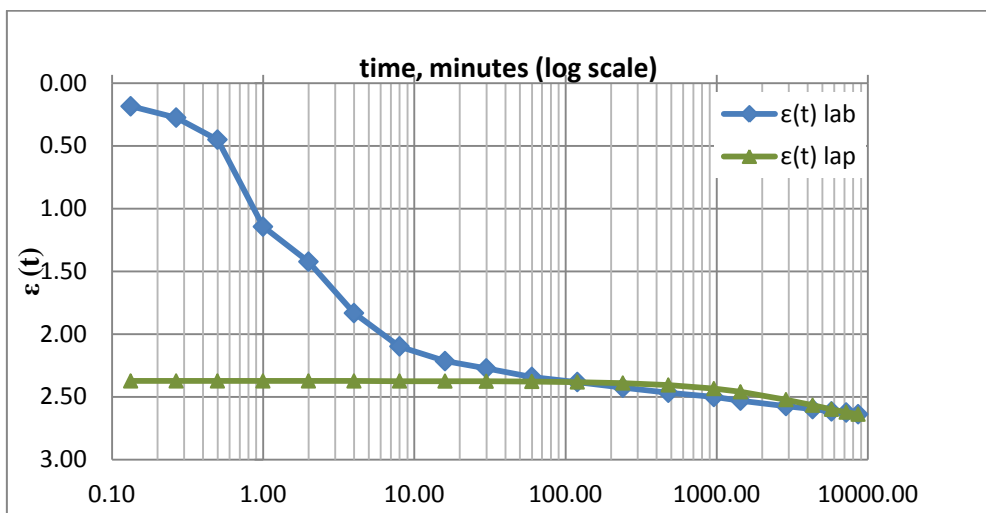
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	1.88E-01	1.88E-01	0.13	1.41E+00	1.50E-01	2.42E+00
0.27	2.80E-01	9.19E-02	0.13	6.89E-01	-1.62E-01	2.42E+00
0.5	4.59E-01	1.79E-01	0.23	7.68E-01	-1.15E-01	2.42E+00
1	1.17E+00	7.07E-01	0.50	1.41E+00	1.51E-01	2.42E+00
2	1.45E+00	2.85E-01	1.00	2.85E-01	-5.46E-01	2.42E+00
4	1.87E+00	4.18E-01	2.00	2.09E-01	-6.80E-01	2.42E+00
8	2.14E+00	2.71E-01	4.00	6.77E-02	-1.17E+00	2.42E+00
16	2.26E+00	1.19E-01	8.00	1.49E-02	-1.83E+00	2.42E+00
30	2.32E+00	5.97E-02	14.00	4.26E-03	-2.37E+00	2.42E+00
60	2.39E+00	6.89E-02	30.00	2.30E-03	-2.64E+00	2.43E+00
120	2.43E+00	4.13E-02	60.00	6.89E-04	-3.16E+00	2.43E+00
240	2.48E+00	4.59E-02	120.00	3.83E-04	-3.42E+00	2.44E+00
480	2.52E+00	4.13E-02	240.00	1.72E-04	-3.76E+00	2.45E+00
960	2.55E+00	3.44E-02	480.00	7.18E-05	-4.14E+00	2.48E+00
1440	2.58E+00	2.99E-02	480.00	6.22E-05	-4.21E+00	2.51E+00
2880	2.62E+00	4.36E-02	1440.00	3.03E-05	-4.52E+00	2.57E+00
4320	2.65E+00	2.53E-02	1440.00	1.75E-05	-4.76E+00	2.62E+00
5760	2.67E+00	1.84E-02	1440.00	1.28E-05	-4.89E+00	2.65E+00
7200	2.68E+00	9.19E-03	1440.00	6.38E-06	-5.20E+00	2.67E+00
8640	2.69E+00	1.38E-02	1440.00	9.57E-06	-5.02E+00	2.69E+00



Gambar A. 1 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel inisial



Gambar A. 2 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 1 inisial



Gambar A. 3 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 1 inisial

Persamaan regresi yang didapat dari Gambar A.2 :

$$Y = -0.0001 x - 4.1416$$

Mencari λ

$$-4.1416 = \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda)$$

$$\text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda = -4.1502$$

$$\text{Log}(\lambda) = -5.8492$$

$$\lambda = 1.44\text{E-}06$$

$$\text{cek} = -4.1416$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00010 = -0.434(\lambda/b)$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{0.006265}$$

$$\text{cek} = -0.00010$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

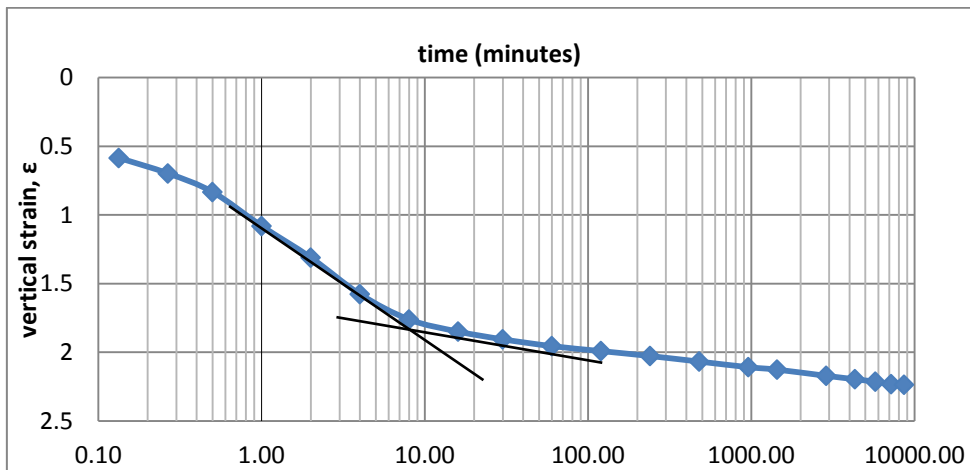
$$t_{\text{akhir konsolidasi}} = 8640 \text{ menit}$$

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.69\text{E}+00$$

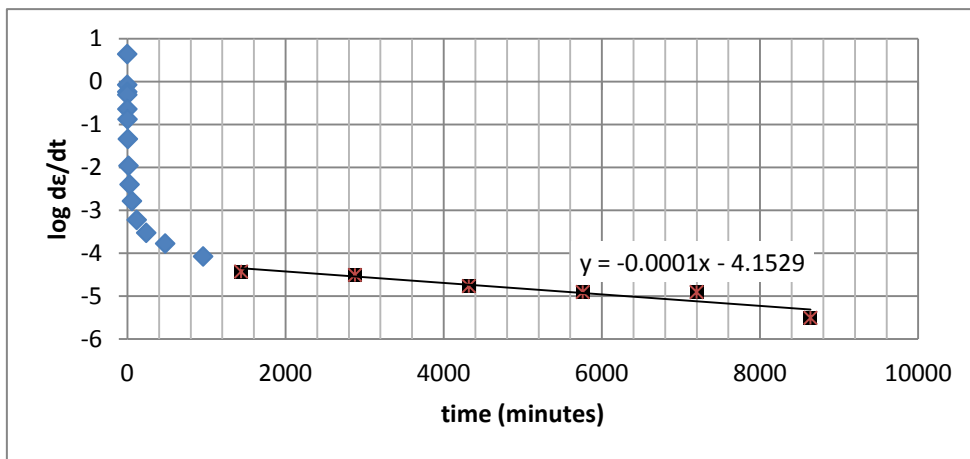
$$\mathbf{a} = \mathbf{4.84\text{E}-02}$$

Tabel A. 2 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 2 Inisial

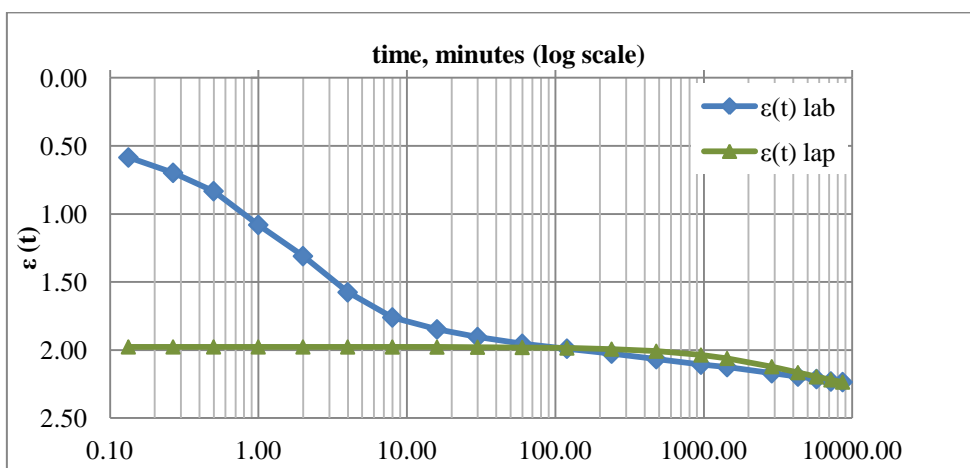
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	5.97E-01	5.97E-01	0.13	4.48E+00	6.51E-01	2.02E+00
0.27	7.12E-01	1.15E-01	0.13	8.61E-01	-6.49E-02	2.02E+00
0.5	8.50E-01	1.38E-01	0.23	5.90E-01	-2.29E-01	2.02E+00
1	1.10E+00	2.53E-01	0.50	5.05E-01	-2.97E-01	2.02E+00
2	1.34E+00	2.34E-01	1.00	2.34E-01	-6.30E-01	2.02E+00
4	1.61E+00	2.71E-01	2.00	1.35E-01	-8.68E-01	2.02E+00
8	1.80E+00	1.88E-01	4.00	4.71E-02	-1.33E+00	2.02E+00
16	1.89E+00	8.96E-02	8.00	1.12E-02	-1.95E+00	2.02E+00
30	1.94E+00	5.74E-02	14.00	4.10E-03	-2.39E+00	2.02E+00
60	1.99E+00	5.05E-02	30.00	1.68E-03	-2.77E+00	2.02E+00
120	2.03E+00	3.67E-02	60.00	6.12E-04	-3.21E+00	2.03E+00
240	2.07E+00	3.67E-02	120.00	3.06E-04	-3.51E+00	2.03E+00
480	2.11E+00	4.13E-02	240.00	1.72E-04	-3.76E+00	2.05E+00
960	2.15E+00	4.13E-02	480.00	8.61E-05	-4.06E+00	2.08E+00
1440	2.17E+00	1.84E-02	480.00	3.83E-05	-4.42E+00	2.10E+00
2880	2.21E+00	4.59E-02	1440.00	3.19E-05	-4.50E+00	2.16E+00
4320	2.24E+00	2.53E-02	1440.00	1.75E-05	-4.76E+00	2.21E+00
5760	2.26E+00	1.84E-02	1440.00	1.28E-05	-4.89E+00	2.24E+00
7200	2.28E+00	1.84E-02	1440.00	1.28E-05	-4.89E+00	2.26E+00
8640	2.28E+00	4.59E-03	1440.00	3.19E-06	-5.50E+00	2.28E+00



Gambar A. 4 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 2 inisial



Gambar A. 5 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel inisial



Gambar A. 6 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel inisial

Persamaan regresi yang didapat dari Gambar A.5 :

$$Y = -0.0001 x - 4.1529$$

Mencari λ

$$-4.1529 = \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda)$$

$$\text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda = -4.1529$$

$$\text{Log}(\lambda) = -5.8519$$

$$\lambda = 1.41\text{E-}06$$

$$\text{cek} = -4.1529$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00010 = -0.434(\lambda/b)$$

$$b = 0.006104$$

$$\text{cek} = -0.00010$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

$$\text{takhir konsolidasi} = 8640 \text{ menit}$$

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.28\text{E}+00$$

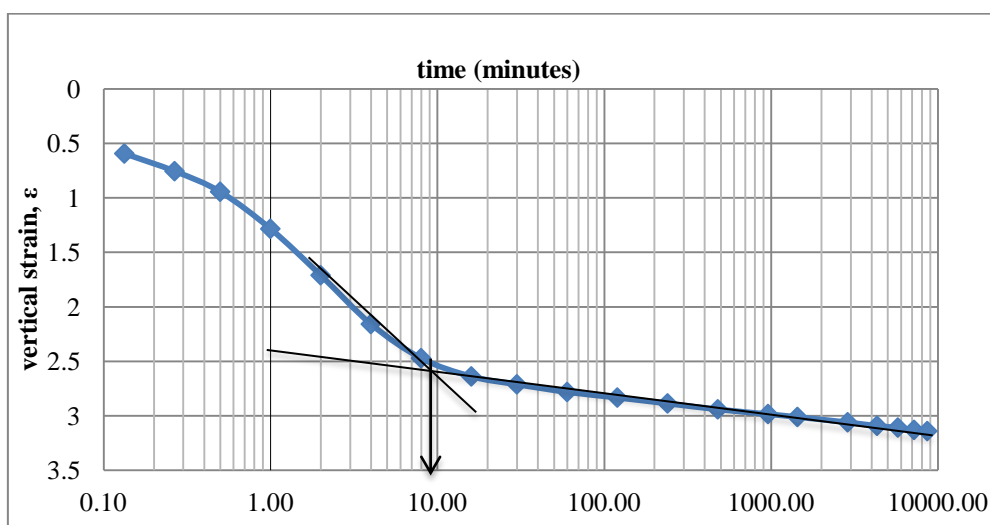
$$a = 4.03\text{E-}02$$

Kode sampel	a	b	λ	λ/b
sampel 1	4.84E-02	0.006265	1.44E-06	2.30E-04
sampel 2	4.03E-02	0.006104	1.41E-06	2.30E-04
Rata"	4.44E-02	6.18E-03	1.43E-06	2.30E-04

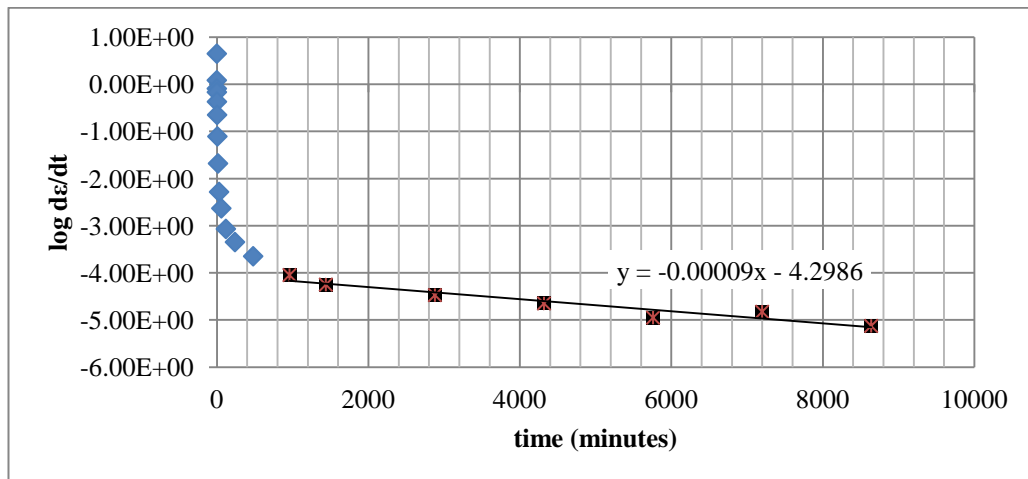
- Pemampatan – Masa Peram 0 hari

Tabel A. 3 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 1 Masa Peram 0 Hari

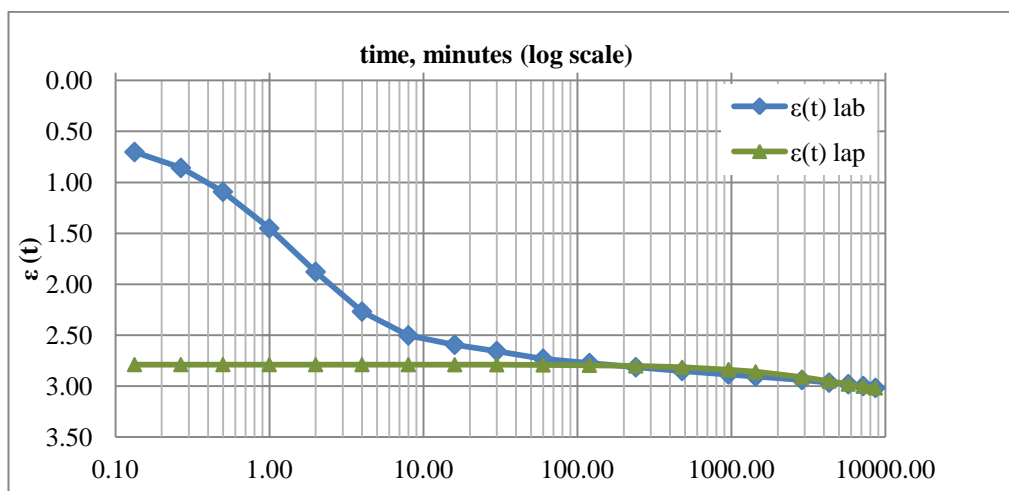
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	6.21E-01	6.21E-01	0.13	4.65E+00	6.68E-01	2.46E+00
0.27	7.58E-01	1.38E-01	0.13	1.03E+00	1.46E-02	2.46E+00
0.5	9.65E-01	2.07E-01	0.23	8.86E-01	-5.23E-02	2.46E+00
1	1.28E+00	3.17E-01	0.50	6.34E-01	-1.98E-01	2.46E+00
2	1.66E+00	3.77E-01	1.00	3.77E-01	-4.24E-01	2.46E+00
4	2.00E+00	3.45E-01	2.00	1.72E-01	-7.64E-01	2.46E+00
8	2.21E+00	2.07E-01	4.00	5.17E-02	-1.29E+00	2.46E+00
16	2.29E+00	8.04E-02	8.00	1.01E-02	-2.00E+00	2.46E+00
30	2.35E+00	5.52E-02	14.00	3.94E-03	-2.40E+00	2.47E+00
60	2.41E+00	6.67E-02	30.00	2.22E-03	-2.65E+00	2.47E+00
120	2.45E+00	3.68E-02	60.00	6.13E-04	-3.21E+00	2.47E+00
240	2.49E+00	3.68E-02	120.00	3.06E-04	-3.51E+00	2.48E+00
480	2.52E+00	3.22E-02	240.00	1.34E-04	-3.87E+00	2.49E+00
960	2.55E+00	2.99E-02	480.00	6.22E-05	-4.21E+00	2.51E+00
1440	2.57E+00	1.84E-02	480.00	3.83E-05	-4.42E+00	2.53E+00
2880	2.60E+00	2.99E-02	1440.00	2.07E-05	-4.68E+00	2.57E+00
4320	2.62E+00	2.30E-02	1440.00	1.60E-05	-4.80E+00	2.61E+00
5760	2.63E+00	1.38E-02	1440.00	9.58E-06	-5.02E+00	2.63E+00
7200	2.65E+00	1.61E-02	1440.00	1.12E-05	-4.95E+00	2.65E+00
8640	2.67E+00	1.61E-02	1440.00	1.12E-05	-4.95E+00	2.67E+00



Gambar A. 7 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 1 masa peram 0 hari



Gambar A. 8 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 1 masa peram 0 hari



Gambar A. 9 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 1 masa peram 0 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.8 :

$$Y = -0.00009x - 4.2986$$

Mencari λ

$$-4.2986 = \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda)$$

$$\text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda = -4.2986$$

$$\text{Log}(\lambda) = -5.9976$$

$$\lambda = 1.01E-06$$

$$\text{cek} = -4.2986$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00009 = -0.434(\lambda/b)$$

$$b = 0.004849$$

cek

$$= -0.00009$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

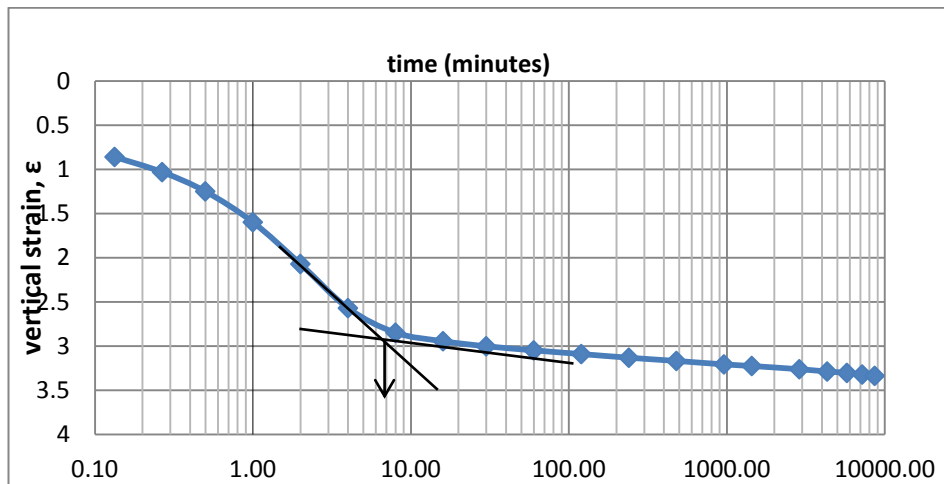
takhir konsolidasi = 8640 menit

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.67E+00$$

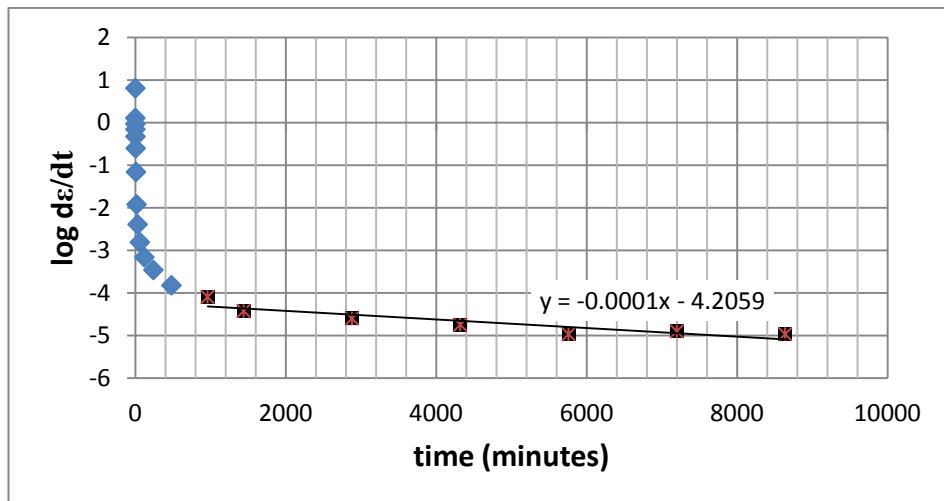
$$a = 4.93E-02$$

Tabel A. 4 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 2 Masa Peram 0 Hari

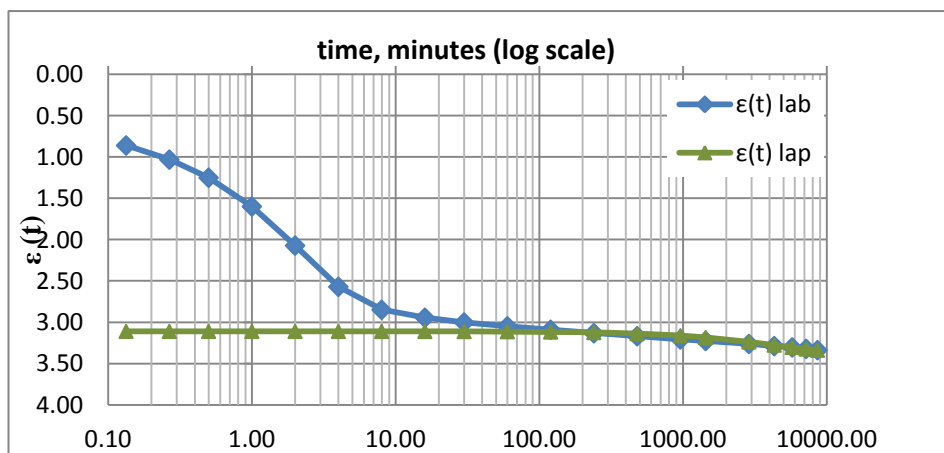
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	7.58E-01	7.58E-01	0.13	5.69E+00	7.55E-01	2.75E+00
0.27	9.10E-01	1.52E-01	0.13	1.14E+00	5.60E-02	2.75E+00
0.5	1.10E+00	1.93E-01	0.23	8.27E-01	-8.23E-02	2.75E+00
1	1.41E+00	3.08E-01	0.50	6.16E-01	-2.10E-01	2.75E+00
2	1.83E+00	4.18E-01	1.00	4.18E-01	-3.79E-01	2.75E+00
4	2.27E+00	4.41E-01	2.00	2.21E-01	-6.56E-01	2.75E+00
8	2.52E+00	2.46E-01	4.00	6.15E-02	-1.21E+00	2.75E+00
16	2.60E+00	8.50E-02	8.00	1.06E-02	-1.97E+00	2.75E+00
30	2.65E+00	5.06E-02	14.00	3.61E-03	-2.44E+00	2.75E+00
60	2.69E+00	4.14E-02	30.00	1.38E-03	-2.86E+00	2.75E+00
120	2.73E+00	3.68E-02	60.00	6.13E-04	-3.21E+00	2.75E+00
240	2.77E+00	3.68E-02	120.00	3.06E-04	-3.51E+00	2.76E+00
480	2.80E+00	3.22E-02	240.00	1.34E-04	-3.87E+00	2.77E+00
960	2.83E+00	3.45E-02	480.00	7.18E-05	-4.14E+00	2.79E+00
1440	2.85E+00	1.61E-02	480.00	3.35E-05	-4.47E+00	2.81E+00
2880	2.88E+00	3.22E-02	1440.00	2.23E-05	-4.65E+00	2.86E+00
4320	2.91E+00	2.30E-02	1440.00	1.60E-05	-4.80E+00	2.89E+00
5760	2.92E+00	1.38E-02	1440.00	9.58E-06	-5.02E+00	2.92E+00
7200	2.93E+00	1.61E-02	1440.00	1.12E-05	-4.95E+00	2.94E+00
8640	2.95E+00	1.38E-02	1440.00	9.58E-06	-5.02E+00	2.95E+00



Gambar A. 10 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 2 masa peram 0 hari



Gambar A. 11 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 2 masa peram 0 hari



Gambar A. 12 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 2 masa peram 0 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.11 :

$$Y = -0.0001x - 4.2701$$

Mencari λ

$$-4.2701 = \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda)$$

$$\text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda = -4.2701$$

$$\text{Log}(\lambda) = -5.9049$$

$$\lambda = 1.07\text{E-}06$$

$$\text{cek} = -4.2701$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00010 = -0.434(\lambda/b)$$

$$b = 0.00466$$

$$\text{cek} = -0.00010$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

$$\text{takhir konsolidasi} = 8640 \text{ menit}$$

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.95\text{E+}00$$

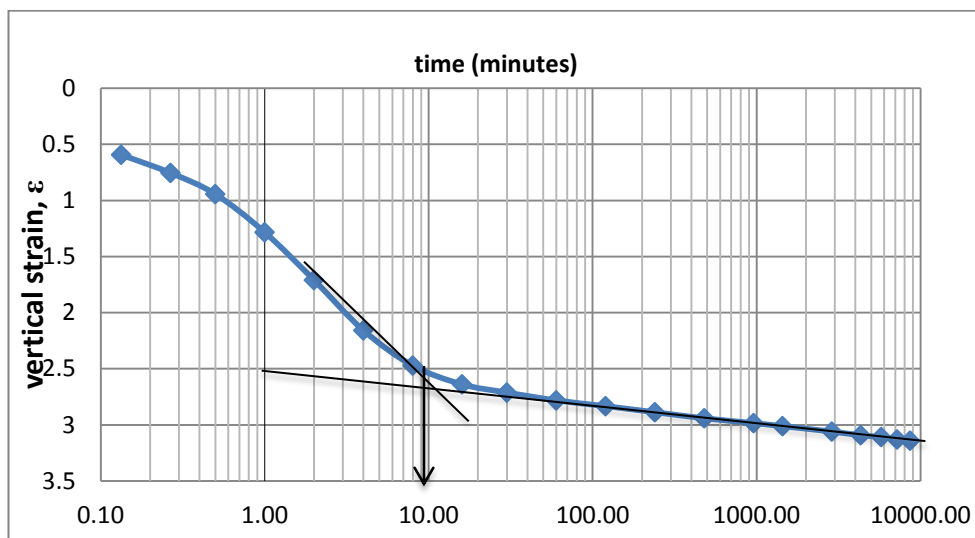
$$a = 5.50\text{E-}02$$

Kode sampel	a	b	λ	λ/b
sampel 1	4.93E-02	0.004849	1.01E-06	2.07E-04
sampel 2	5.50E-02	0.00466	1.07E-06	2.30E-04
Rata"	5.21E-02	4.75E-03	1.04E-06	2.19E-04

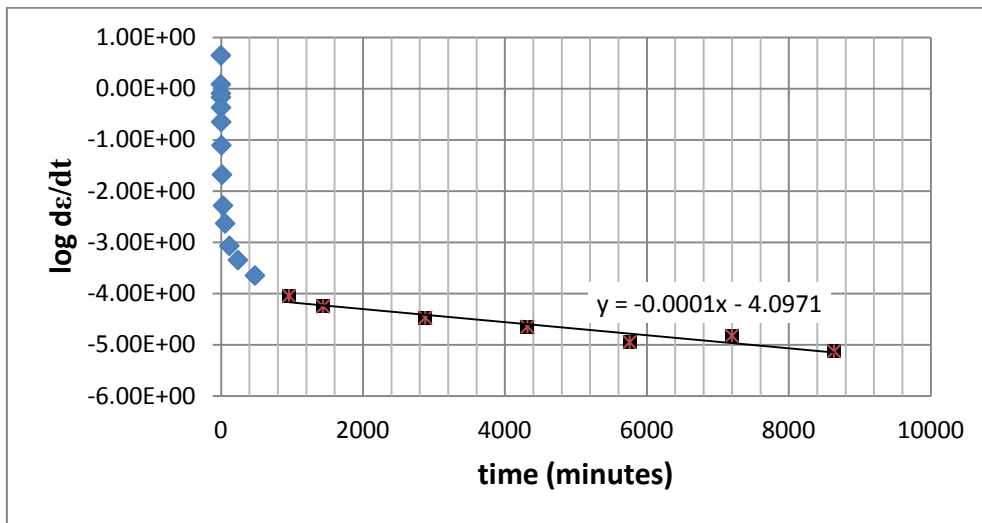
- Pemampatan – Masa Peram 14 hari

Tabel A. 5 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 1 Masa Peram 14 Hari

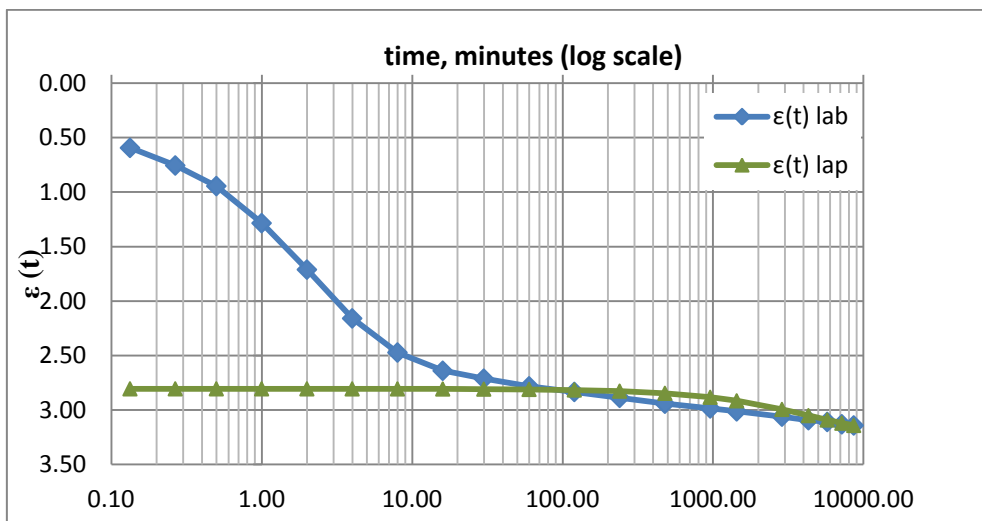
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	5.29E-01	5.29E-01	0.13	3.97E+00	5.99E-01	2.46E+00
0.27	6.74E-01	1.44E-01	0.13	1.08E+00	3.45E-02	2.46E+00
0.5	8.42E-01	1.68E-01	0.23	7.22E-01	-1.42E-01	2.46E+00
1	1.15E+00	3.03E-01	0.50	6.06E-01	-2.17E-01	2.46E+00
2	1.53E+00	3.80E-01	1.00	3.80E-01	-4.20E-01	2.46E+00
4	1.92E+00	3.99E-01	2.00	2.00E-01	-7.00E-01	2.46E+00
8	2.20E+00	2.79E-01	4.00	6.98E-02	-1.16E+00	2.46E+00
16	2.35E+00	1.49E-01	8.00	1.86E-02	-1.73E+00	2.46E+00
30	2.42E+00	6.50E-02	14.00	4.64E-03	-2.33E+00	2.46E+00
60	2.48E+00	6.26E-02	30.00	2.09E-03	-2.68E+00	2.46E+00
120	2.53E+00	4.57E-02	60.00	7.62E-04	-3.12E+00	2.47E+00
240	2.57E+00	4.81E-02	120.00	4.01E-04	-3.40E+00	2.48E+00
480	2.62E+00	4.81E-02	240.00	2.01E-04	-3.70E+00	2.50E+00
960	2.66E+00	3.85E-02	480.00	8.02E-05	-4.10E+00	2.53E+00
1440	2.69E+00	2.41E-02	480.00	5.01E-05	-4.30E+00	2.57E+00
2880	2.73E+00	4.33E-02	1440.00	3.01E-05	-4.52E+00	2.65E+00
4320	2.76E+00	2.89E-02	1440.00	2.01E-05	-4.70E+00	2.71E+00
5760	2.77E+00	1.44E-02	1440.00	1.00E-05	-5.00E+00	2.75E+00
7200	2.79E+00	1.92E-02	1440.00	1.34E-05	-4.87E+00	2.78E+00
8640	2.80E+00	9.62E-03	1440.00	6.68E-06	-5.17E+00	2.80E+00



Gambar A. 13 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 1 masa peram 14 hari



Gambar A. 14 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 1 masa peram 14 hari



Gambar A. 15 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 1 masa peram 14 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.14 :

$$Y = -0.0001x - 4.0971$$

Mencari λ

$$-4.0971 = \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda)$$

$$\text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda = -4.0971$$

$$\text{Log}(\lambda) = -5.7961$$

$$\lambda = 1.60\text{E-}06$$

$$\text{cek} = -4.0971$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00010 = -0.434(\lambda/b)$$

$$b = 0.006941$$

$$\text{cek} = -0.00010$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

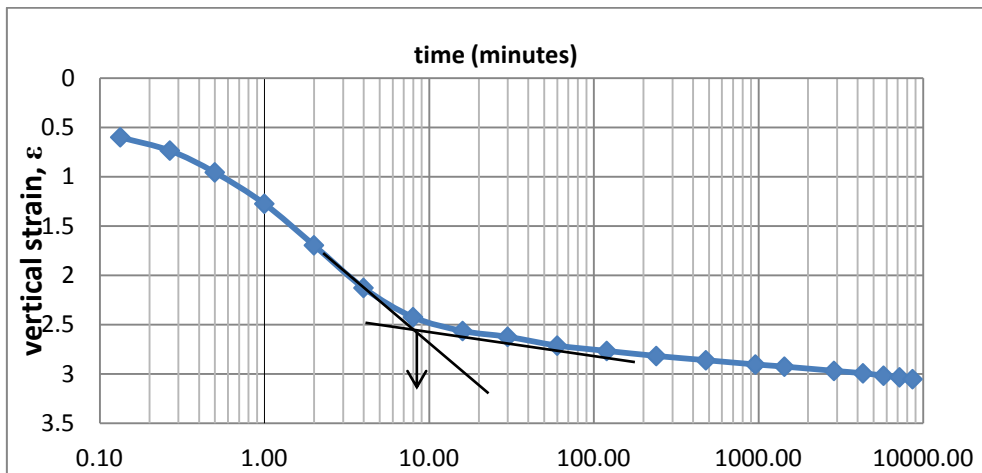
$$\text{takhir konsolidasi} = 8640 \text{ menit}$$

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.80 \text{ E}+00$$

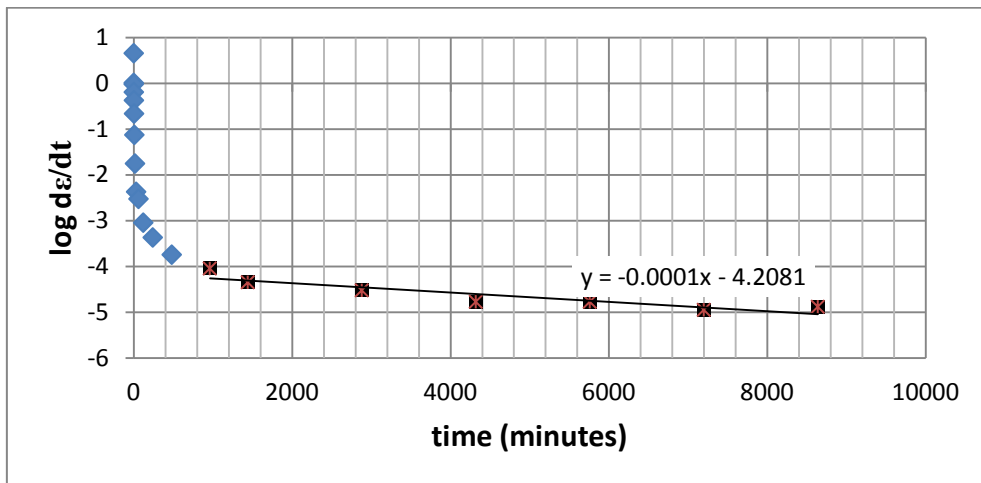
$$a = 5.00\text{E-}02$$

Tabel A. 6 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 2 Masa Peram 14 Hari

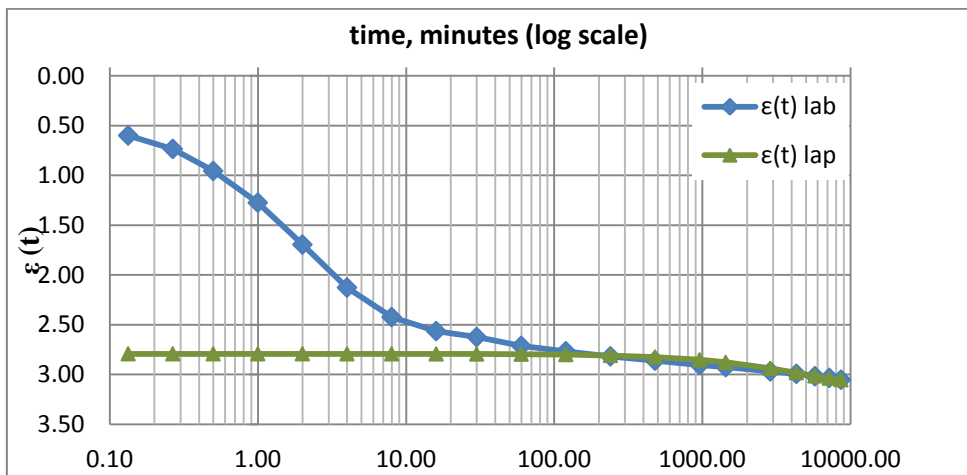
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	5.34E-01	5.34E-01	0.13	4.01E+00	6.03E-01	2.45E+00
0.27	6.54E-01	1.20E-01	0.13	9.02E-01	-4.46E-02	2.45E+00
0.5	8.52E-01	1.97E-01	0.23	8.46E-01	-7.28E-02	2.45E+00
1	1.14E+00	2.84E-01	0.50	5.68E-01	-2.46E-01	2.45E+00
2	1.51E+00	3.75E-01	1.00	3.75E-01	-4.26E-01	2.45E+00
4	1.90E+00	3.85E-01	2.00	1.92E-01	-7.16E-01	2.45E+00
8	2.16E+00	2.65E-01	4.00	6.62E-02	-1.18E+00	2.45E+00
16	2.29E+00	1.25E-01	8.00	1.56E-02	-1.81E+00	2.46E+00
30	2.34E+00	5.29E-02	14.00	3.78E-03	-2.42E+00	2.46E+00
60	2.42E+00	7.94E-02	30.00	2.65E-03	-2.58E+00	2.46E+00
120	2.47E+00	4.81E-02	60.00	8.02E-04	-3.10E+00	2.46E+00
240	2.51E+00	4.57E-02	120.00	3.81E-04	-3.42E+00	2.47E+00
480	2.55E+00	3.85E-02	240.00	1.60E-04	-3.79E+00	2.49E+00
960	2.59E+00	3.85E-02	480.00	8.02E-05	-4.10E+00	2.52E+00
1440	2.61E+00	1.92E-02	480.00	4.01E-05	-4.40E+00	2.54E+00
2880	2.65E+00	3.85E-02	1440.00	2.67E-05	-4.57E+00	2.60E+00
4320	2.67E+00	2.17E-02	1440.00	1.50E-05	-4.82E+00	2.65E+00
5760	2.69E+00	2.17E-02	1440.00	1.50E-05	-4.82E+00	2.68E+00
7200	2.70E+00	1.44E-02	1440.00	1.00E-05	-5.00E+00	2.70E+00
8640	2.72E+00	1.68E-02	1440.00	1.17E-05	-4.93E+00	2.72E+00



Gambar A. 16 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 2 masa peram 14 hari



Gambar A. 17 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 2 masa peram 14 hari



Gambar A. 18 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 2 masa peram 14 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.17 :

$$Y = -0.0001x - 4.2081$$

Mencari λ

$$-4.2081 = \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda)$$

$$\text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda = -4.2081$$

$$\text{Log}(\lambda) = -5.9071$$

$$\lambda = 1.24\text{E-}06$$

$$\text{cek} = -4.2081$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00010 = -0.434(\lambda/b)$$

$$b = 0.005376$$

$$\text{cek} = -0.00010$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

$$\text{takhir konsolidasi} = 8640 \text{ menit}$$

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.72\text{E+}00$$

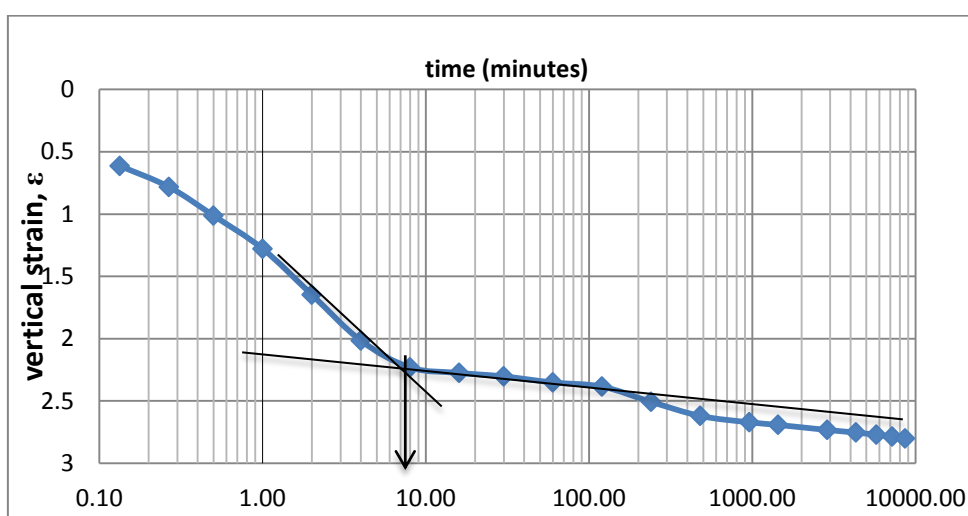
$$a = 4.98\text{E-}02$$

Kode sampel	a	b	λ	λ/b
sampel 1	5.00E-02	0.006941	1.60E-06	2.30E-04
sampel 2	4.98E-02	0.005376	1.24E-06	2.30E-04
Rata"	4.99E-02	6.16E-03	1.42E-06	2.30E-04

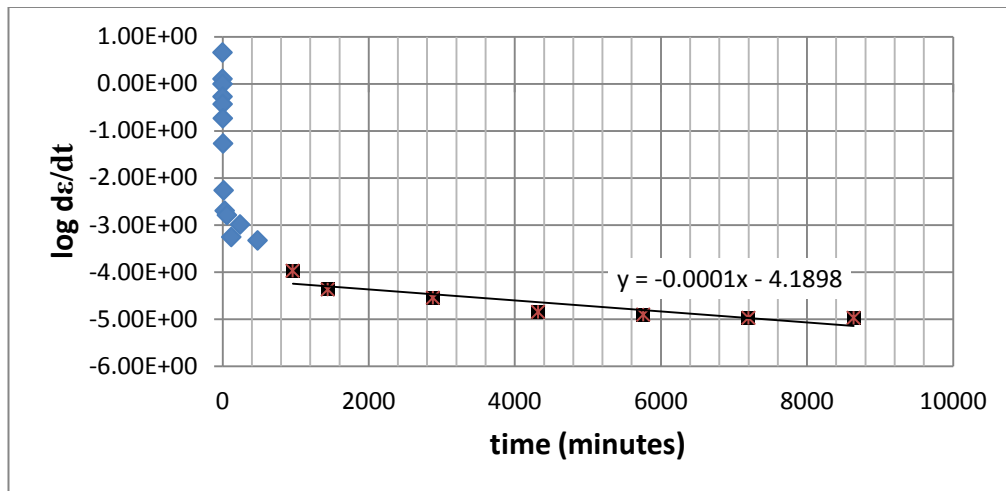
- Pemampatan – Masa Peram 28 hari

Tabel A. 7 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 1 Masa Peram 28 Hari

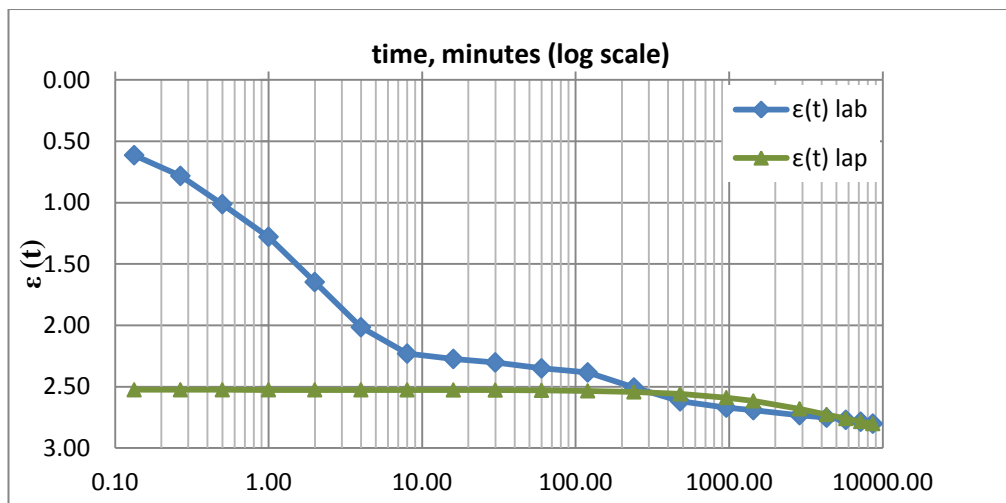
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	5.39E-01	5.39E-01	0.13	4.05E+00	6.07E-01	2.18E+00
0.27	6.88E-01	1.48E-01	0.13	1.11E+00	4.63E-02	2.18E+00
0.5	8.90E-01	2.02E-01	0.23	8.67E-01	-6.20E-02	2.18E+00
1	1.12E+00	2.34E-01	0.50	4.68E-01	-3.30E-01	2.18E+00
2	1.45E+00	3.24E-01	1.00	3.24E-01	-4.90E-01	2.18E+00
4	1.77E+00	3.24E-01	2.00	1.62E-01	-7.91E-01	2.18E+00
8	1.96E+00	1.89E-01	4.00	4.72E-02	-1.33E+00	2.18E+00
16	2.00E+00	3.82E-02	8.00	4.78E-03	-2.32E+00	2.18E+00
30	2.02E+00	2.47E-02	14.00	1.77E-03	-2.75E+00	2.18E+00
60	2.07E+00	4.27E-02	30.00	1.42E-03	-2.85E+00	2.18E+00
120	2.09E+00	2.92E-02	60.00	4.87E-04	-3.31E+00	2.19E+00
240	2.20E+00	1.08E-01	120.00	8.99E-04	-3.05E+00	2.20E+00
480	2.30E+00	9.89E-02	240.00	4.12E-04	-3.39E+00	2.21E+00
960	2.35E+00	4.50E-02	480.00	9.37E-05	-4.03E+00	2.24E+00
1440	2.36E+00	1.80E-02	480.00	3.75E-05	-4.43E+00	2.27E+00
2880	2.40E+00	3.60E-02	1440.00	2.50E-05	-4.60E+00	2.34E+00
4320	2.42E+00	1.80E-02	1440.00	1.25E-05	-4.90E+00	2.39E+00
5760	2.43E+00	1.57E-02	1440.00	1.09E-05	-4.96E+00	2.42E+00
7200	2.45E+00	1.35E-02	1440.00	9.37E-06	-5.03E+00	2.44E+00
8640	2.46E+00	1.35E-02	1440.00	9.37E-06	-5.03E+00	2.46E+00



Gambar A. 19 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 1 masa peram 28 hari



Gambar A. 20 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 1 masa peram 28 hari



Gambar A. 21 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 1 masa peram 28 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.20:

$$Y = -0.0001 x - 4.1898$$

Mencari λ

$$\begin{aligned} -4.1898 &= \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda) \\ \text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda &= -4.1898 \\ \text{Log}(\lambda) &= -5.8888 \\ \lambda &= \mathbf{1.29E-06} \\ \text{cek} &= -4.1898 \end{aligned}$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00010 = -0.434(\lambda/b)$$

$$b = 0.005607$$

$$cek = -0.00010$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

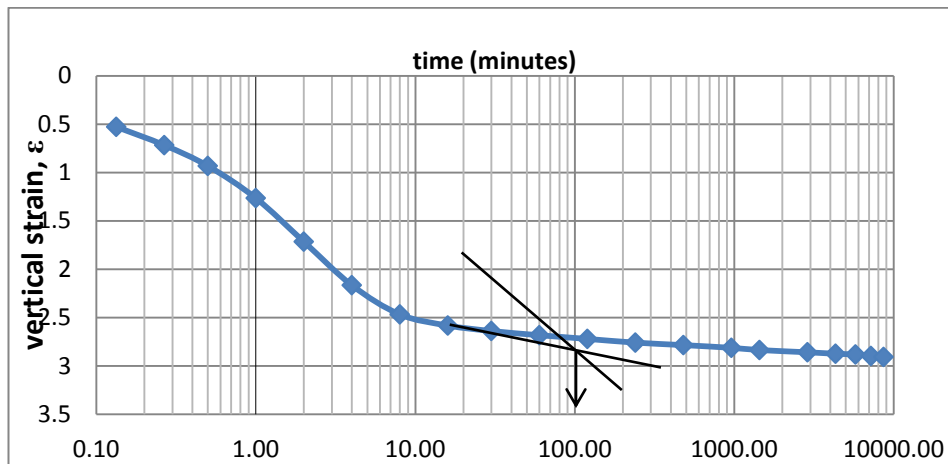
$$t_{\text{akhir konsolidasi}} = 8640 \text{ menit}$$

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.46E+00$$

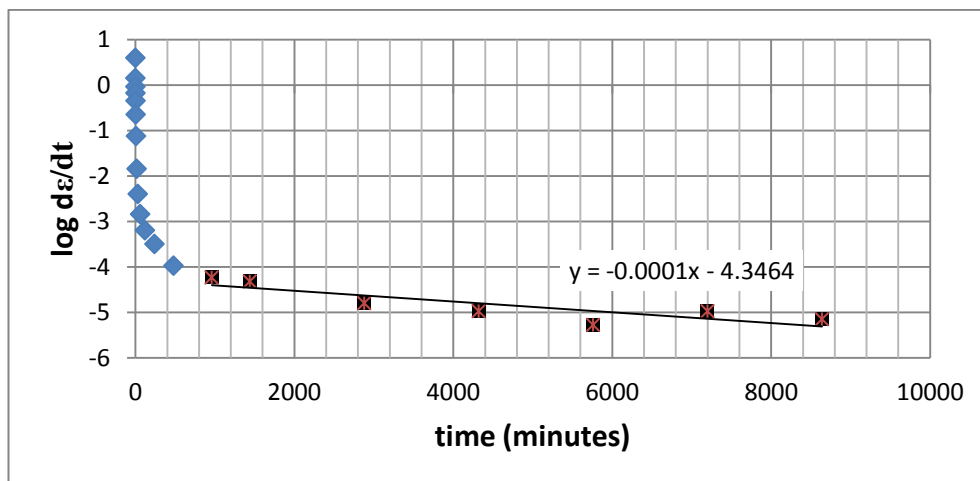
$$a = 4.44E-02$$

Tabel A. 8 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 2 Masa Peram 28 Hari

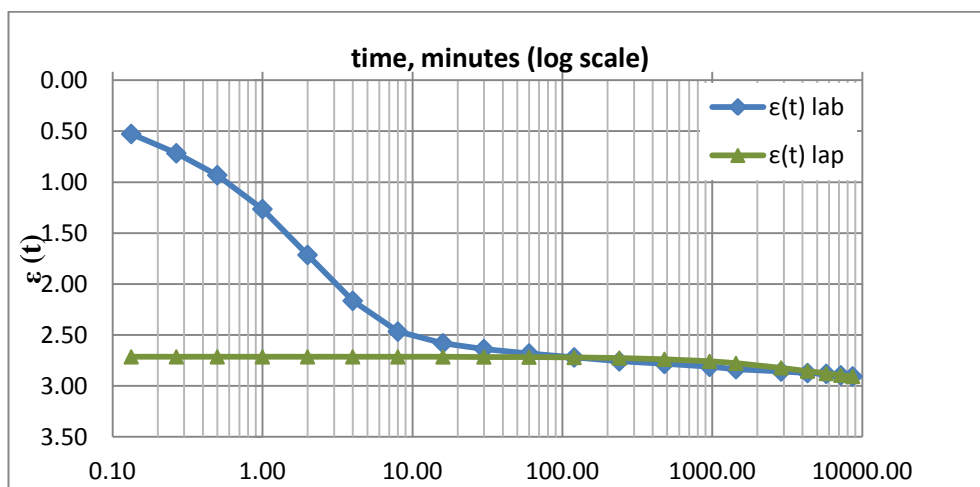
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	4.63E-01	4.63E-01	0.13	3.47E+00	5.41E-01	2.36E+00
0.27	6.29E-01	1.66E-01	0.13	1.25E+00	9.60E-02	2.36E+00
0.5	8.18E-01	1.89E-01	0.23	8.09E-01	-9.20E-02	2.36E+00
1	1.11E+00	2.92E-01	0.50	5.84E-01	-2.33E-01	2.36E+00
2	1.51E+00	3.96E-01	1.00	3.96E-01	-4.03E-01	2.36E+00
4	1.90E+00	3.96E-01	2.00	1.98E-01	-7.04E-01	2.36E+00
8	2.17E+00	2.65E-01	4.00	6.63E-02	-1.18E+00	2.36E+00
16	2.27E+00	1.01E-01	8.00	1.26E-02	-1.90E+00	2.36E+00
30	2.32E+00	4.94E-02	14.00	3.53E-03	-2.45E+00	2.36E+00
60	2.36E+00	3.82E-02	30.00	1.27E-03	-2.89E+00	2.36E+00
120	2.39E+00	3.37E-02	60.00	5.62E-04	-3.25E+00	2.36E+00
240	2.42E+00	3.37E-02	120.00	2.81E-04	-3.55E+00	2.37E+00
480	2.45E+00	2.25E-02	240.00	9.37E-05	-4.03E+00	2.38E+00
960	2.47E+00	2.47E-02	480.00	5.15E-05	-4.29E+00	2.40E+00
1440	2.49E+00	2.02E-02	480.00	4.21E-05	-4.38E+00	2.42E+00
2880	2.51E+00	2.02E-02	1440.00	1.40E-05	-4.85E+00	2.47E+00
4320	2.52E+00	1.35E-02	1440.00	9.37E-06	-5.03E+00	2.50E+00
5760	2.53E+00	6.74E-03	1440.00	4.68E-06	-5.33E+00	2.52E+00
7200	2.54E+00	1.35E-02	1440.00	9.37E-06	-5.03E+00	2.54E+00
8640	2.55E+00	8.99E-03	1440.00	6.24E-06	-5.20E+00	2.55E+00



Gambar A. 22 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 2 masa peram 28 hari



Gambar A. 23 Grafik hubungan kecepatan regangan log $d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 2 masa peram 28 hari



Gambar A. 24 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 2 masa peram 28 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.23 :

$$Y = -0.0001 x - 4.3464$$

Mencari λ

$$\begin{aligned} -4.3464 &= \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda) \\ \text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda &= -4.3464 \\ \text{Log}(\lambda) &= -6.0454 \\ \lambda &= \mathbf{9.01E-07} \\ \text{cek} &= -4.3464 \end{aligned}$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$\begin{aligned} -0.00010 &= -0.434(\lambda/b) \\ \mathbf{b} &= \mathbf{0.003909} \\ \text{cek} &= -0.00010 \end{aligned}$$

Mencari pemampatan primer, a

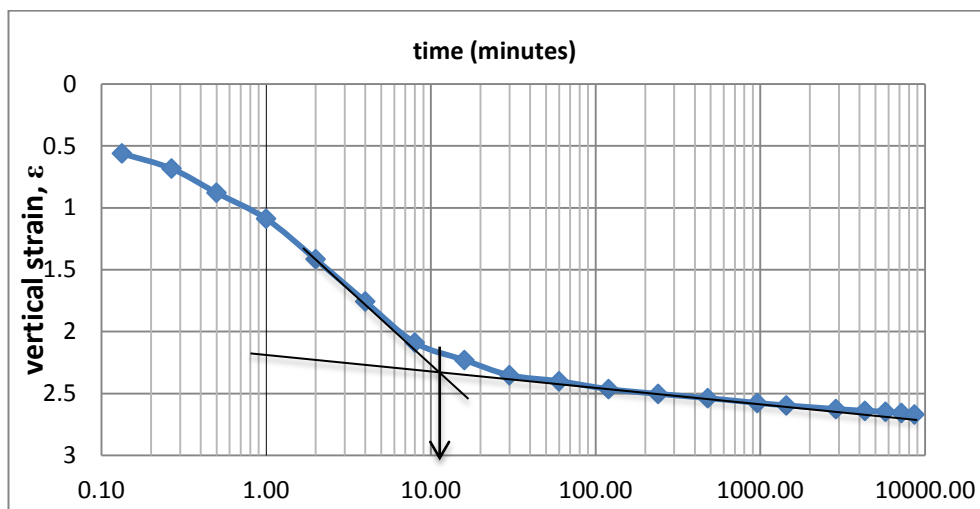
$$\begin{aligned} a &= [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t} \\ t_{\text{akhir konsolidasi}} &= 8640 \text{ menit} \\ \varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} &= 2.55E+00 \\ \mathbf{a} &= \mathbf{4.77E-02} \end{aligned}$$

Kode sampel	a	b	λ	λ/b
sampel 1	4.44E-02	0.005607	1.29E-06	2.30E-04
sampel 2	4.77E-02	0.003909	9.01E-07	2.30E-04
Rata"	4.60E-02	4.76E-03	1.10E-06	2.30E-04

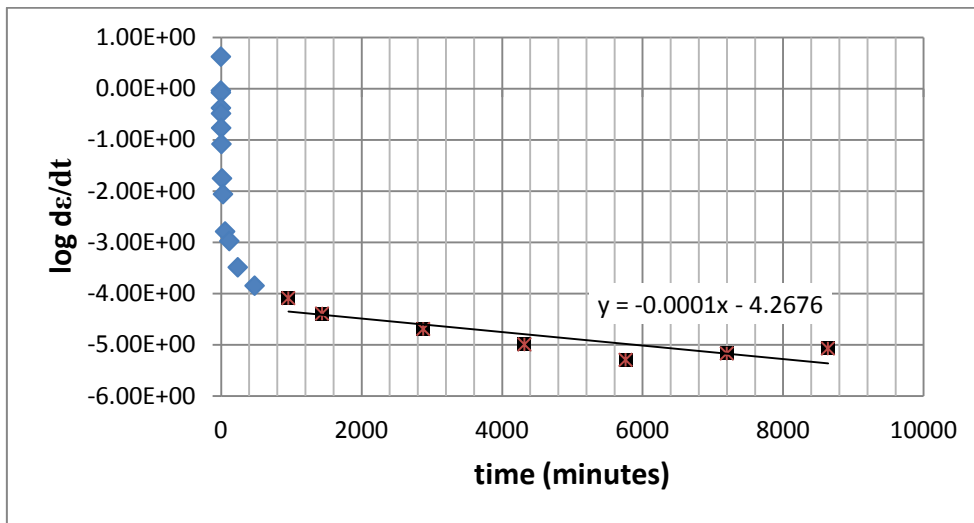
- Pemampatan – Masa Peram 42 hari

Tabel A. 9 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 1 Masa Peram 42 Hari

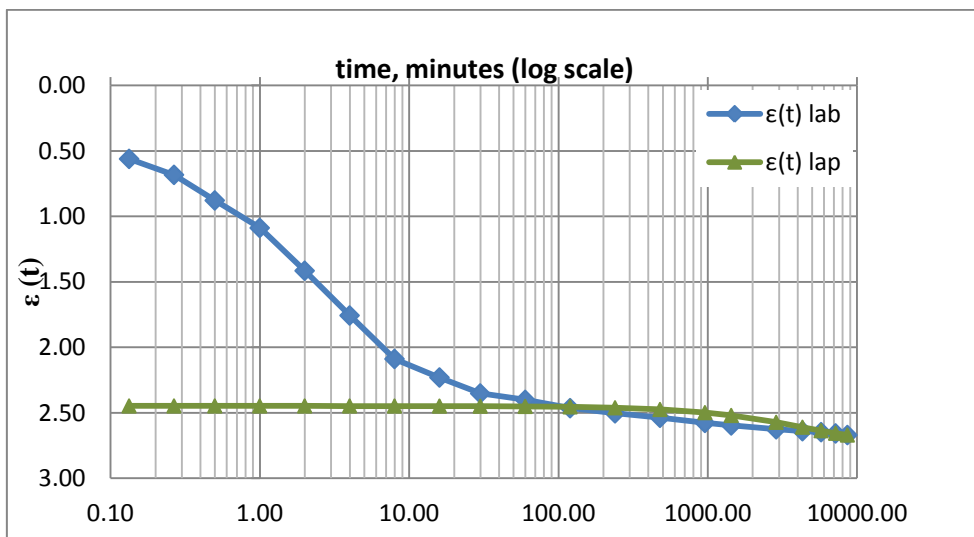
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	5.12E-01	5.12E-01	0.13	3.84E+00	5.84E-01	2.20E+00
0.27	6.23E-01	1.11E-01	0.13	8.34E-01	-7.87E-02	2.20E+00
0.5	8.01E-01	1.78E-01	0.23	7.63E-01	-1.18E-01	2.20E+00
1	9.92E-01	1.91E-01	0.50	3.83E-01	-4.17E-01	2.20E+00
2	1.29E+00	2.98E-01	1.00	2.98E-01	-5.26E-01	2.20E+00
4	1.60E+00	3.11E-01	2.00	1.56E-01	-8.08E-01	2.20E+00
8	1.90E+00	3.03E-01	4.00	7.56E-02	-1.12E+00	2.20E+00
16	2.03E+00	1.29E-01	8.00	1.61E-02	-1.79E+00	2.20E+00
30	2.14E+00	1.11E-01	14.00	7.95E-03	-2.10E+00	2.20E+00
60	2.19E+00	4.45E-02	30.00	1.48E-03	-2.83E+00	2.20E+00
120	2.25E+00	5.78E-02	60.00	9.64E-04	-3.02E+00	2.21E+00
240	2.28E+00	3.56E-02	120.00	2.97E-04	-3.53E+00	2.21E+00
480	2.31E+00	3.11E-02	240.00	1.30E-04	-3.89E+00	2.23E+00
960	2.35E+00	3.56E-02	480.00	7.42E-05	-4.13E+00	2.25E+00
1440	2.37E+00	1.78E-02	480.00	3.71E-05	-4.43E+00	2.28E+00
2880	2.39E+00	2.67E-02	1440.00	1.85E-05	-4.73E+00	2.33E+00
4320	2.41E+00	1.33E-02	1440.00	9.27E-06	-5.03E+00	2.37E+00
5760	2.41E+00	6.67E-03	1440.00	4.64E-06	-5.33E+00	2.40E+00
7200	2.42E+00	8.90E-03	1440.00	6.18E-06	-5.21E+00	2.42E+00
8640	2.43E+00	1.11E-02	1440.00	7.73E-06	-5.11E+00	2.43E+00



Gambar A. 25 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 1 masa peram 42 hari



Gambar A. 26 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 1 masa peram 42 hari



Gambar A. 27 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 1 masa peram 42 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.26 :

$$Y = -0.0001 x - 4.2676$$

Mencari λ

$$\begin{aligned} -4.2676 &= \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda) \\ \text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda &= -4.2676 \\ \text{Log}(\lambda) &= -5.9666 \\ \lambda &= \mathbf{1.08E-06} \\ \text{cek} &= -4.2676 \end{aligned}$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$-0.00010 = -0.434(\lambda/b)$$

$$b = 0.004687$$

$$cek = -0.00010$$

Mencari pemampatan primer, a

$$a = [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t}$$

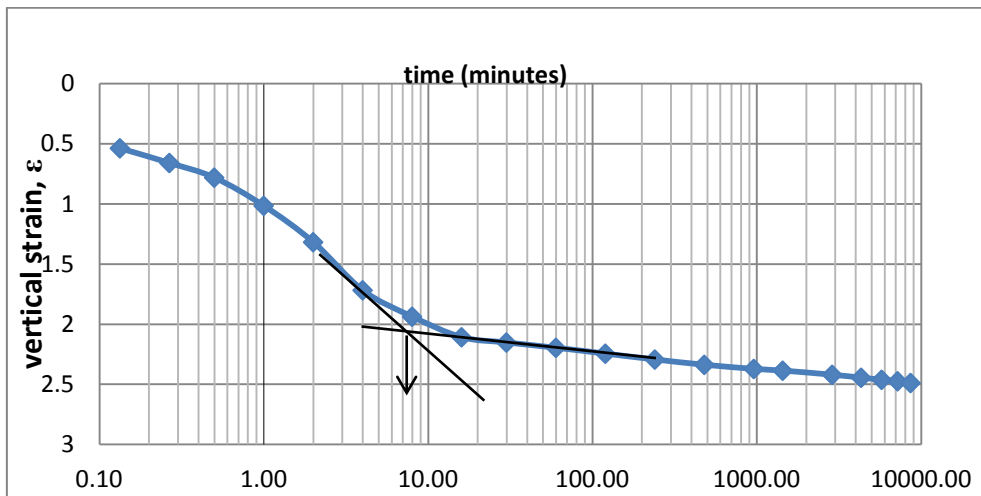
$$t_{\text{akhir konsolidasi}} = 8640 \text{ menit}$$

$$\varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} = 2.43E+00$$

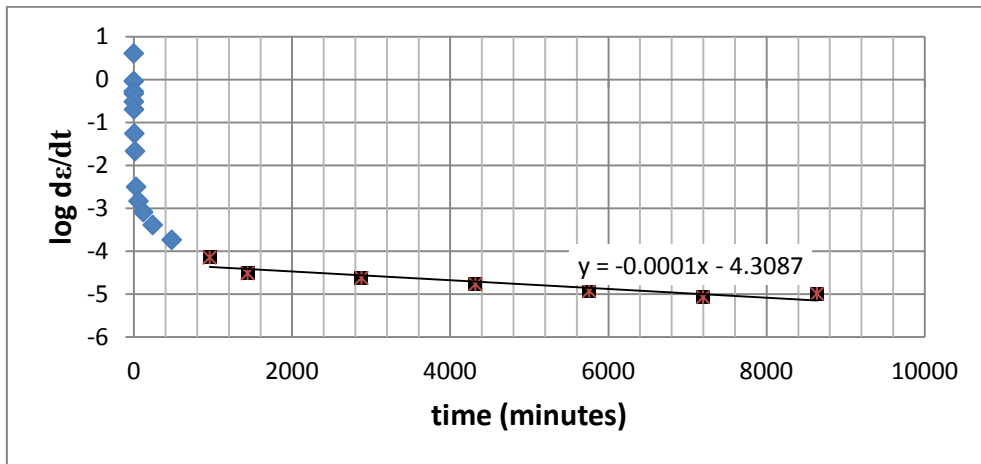
$$a = 4.46E-02$$

Tabel A. 10 Perhitungan Regangan Lapangan Sampel 1 Masa Peram 42 Hari

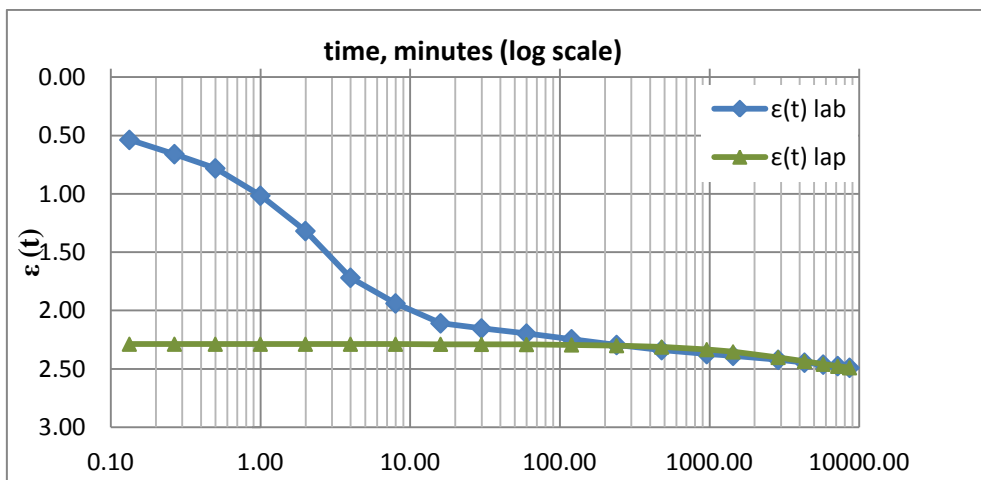
Time minutes	$\varepsilon(t)$ lab	$\Delta\varepsilon$	Δt	$d\varepsilon/dt$	$\log(d\varepsilon/dt)$	$\varepsilon(t)$ lap
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00			
0.13	4.89E-01	4.89E-01	0.13	3.67E+00	5.65E-01	2.06E+00
0.27	6.01E-01	1.11E-01	0.13	8.34E-01	-7.87E-02	2.06E+00
0.5	7.12E-01	1.11E-01	0.23	4.77E-01	-3.22E-01	2.06E+00
1	9.26E-01	2.14E-01	0.50	4.27E-01	-3.69E-01	2.06E+00
2	1.20E+00	2.76E-01	1.00	2.76E-01	-5.59E-01	2.06E+00
4	1.57E+00	3.65E-01	2.00	1.82E-01	-7.39E-01	2.06E+00
8	1.77E+00	2.00E-01	4.00	5.01E-02	-1.30E+00	2.06E+00
16	1.92E+00	1.56E-01	8.00	1.95E-02	-1.71E+00	2.06E+00
30	1.96E+00	4.00E-02	14.00	2.86E-03	-2.54E+00	2.06E+00
60	2.00E+00	4.00E-02	30.00	1.33E-03	-2.87E+00	2.06E+00
120	2.05E+00	4.45E-02	60.00	7.42E-04	-3.13E+00	2.06E+00
240	2.09E+00	4.45E-02	120.00	3.71E-04	-3.43E+00	2.07E+00
480	2.13E+00	4.00E-02	240.00	1.67E-04	-3.78E+00	2.08E+00
960	2.16E+00	3.11E-02	480.00	6.49E-05	-4.19E+00	2.10E+00
1440	2.18E+00	1.33E-02	480.00	2.78E-05	-4.56E+00	2.13E+00
2880	2.21E+00	3.11E-02	1440.00	2.16E-05	-4.66E+00	2.18E+00
4320	2.23E+00	2.22E-02	1440.00	1.55E-05	-4.81E+00	2.21E+00
5760	2.24E+00	1.56E-02	1440.00	1.08E-05	-4.97E+00	2.24E+00
7200	2.26E+00	1.11E-02	1440.00	7.73E-06	-5.11E+00	2.26E+00
8640	2.27E+00	1.33E-02	1440.00	9.27E-06	-5.03E+00	2.27E+00



Gambar A. 28 Grafik hubungan regangan vertikal dengan waktu pada sampel 2 masa peram 42 hari



Gambar A. 29 Grafik hubungan kecepatan regangan $\log d\epsilon/dt$ terhadap waktu sampel 2 masa peram 42 hari



Gambar A. 30 Perbandingan antara regangan di laboratorium dengan di lapangan pada sampel 2 masa peram 42 hari

Persamaan regresi yang didapat dari Grafik A.29 :

$$Y = -0.0001 x - 4.3087$$

Mencari λ

$$\begin{aligned} -4.3087 &= \text{Log}(\Delta\sigma' \cdot \lambda) \\ \text{Log}\Delta\sigma' + \text{Log}\lambda &= -4.3087 \\ \text{Log}(\lambda) &= -6.0077 \\ \lambda &= \mathbf{9.82E-07} \\ \text{cek} &= -4.3087 \end{aligned}$$

Mencari pemampatan sekunder, b

$$\begin{aligned} -0.00010 &= -0.434(\lambda/b) \\ \mathbf{b} &= \mathbf{0.004264} \\ \text{cek} &= -0.00010 \end{aligned}$$

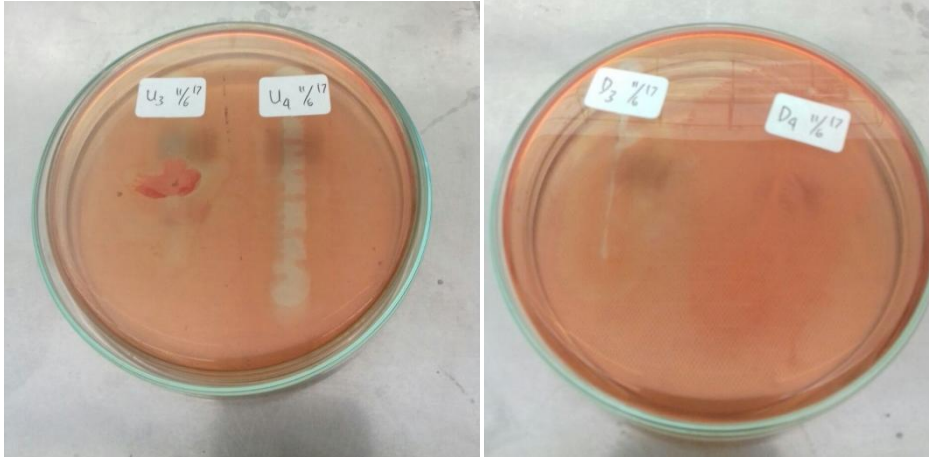
Mencari pemampatan primer, a

$$\begin{aligned} a &= [\varepsilon(t)/\Delta\sigma] - b + b \cdot e^{-(\lambda/b)t} \\ t_{\text{akhir konsolidasi}} &= 8640 \text{ menit} \\ \varepsilon(t) \text{ lab. Akhir} &= 2.27E+00 \\ \mathbf{a} &= \mathbf{4.17E-02} \end{aligned}$$

Kode sampel	a	b	λ	λ/b
sampel 1	4.46E-02	0.004687	1.08E-06	2.30E-04
sampel 2	4.17E-02	0.004264	9.82E-07	2.30E-04
Rata"	4.32E-02	4.48E-03	1.03E-06	2.30E-04

DOKUMENTASI

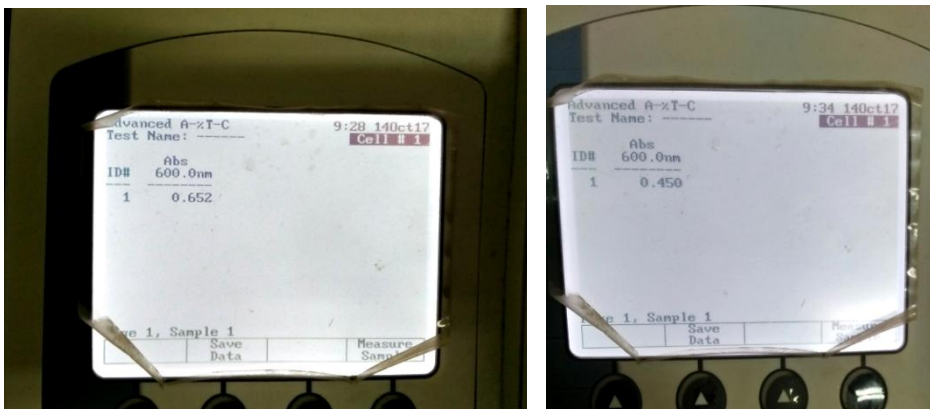
- Identifikasi Bakteri Dekomposer Aerob (di Lab. Biologi ITS)



- Persiapan larutan bakteri dekomposer aerob (di Lab. Biologi ITS)



- Pengujian kepadatan bakteri dengan spektrofotometer (Lab. Biologi ITS)



- Pemeraman sampel



- Pengujian Spesific Gravity



- Pengujian distribusi serat



- Pengujian pH



- Pengujian kandungan serat



- Pengujian kadar air



Halaman ini sengaja dikosongkan